Изданіе О. Н. Поповой.

ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ БИБЛІОТЕКА.

И. Сѣченовъ.

ФИЗІОЛОГИЧЕСКІЕ ОЧЕРКИ.

Часть II.

Съ 101 рисункомъ.

[illegible]

Цѣна 90 коп.

Изданіе О. Н. ПОПОВОЙ.

ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ БИБЛІОТЕКА.

И. Сѣченовъ.

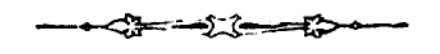
ФИЗІОЛОГИЧЕСКІЕ ОЧЕРКИ.

Часть II.

Съ 101 рисункомъ

№ 9.

Цѣна 90 коп.



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
Текстъ печатанъ въ типографіи А. Лейферта, Б. Морская, 65.
1898.

ОГЛАВЛЕНІЕ.

Физіологія двигательныхъ снарядовъ.

Въ тѣлѣ позвоночныхъ встрѣчаются четыре формы элементовъ, способныхъ производить движенія: лейкоциты, клѣтки мерцательнаго эпителія [1]), элементы гладкихъ и волокна поперечно-полосатыхъ мышцъ. Но въ первыхъ двухъ формахъ механизмъ происхожденія движеній остается по сіе время, вслѣдствіе микроскопичности ихъ размѣровъ, совершенно неизвѣстнымъ; поэтому мы обойдемъ ихъ молчаніемъ. Элементы мышечной ткани тоже имѣютъ микроскопическіе размѣры; но, благодаря тому, что они сочетаются

[1]) У человѣка мерцательнымъ эпителіемъ выстланы: слезные пути, нѣкоторые отдѣлы носовой полости, всѣ дыхательныя трубки, верхняя часть глотки, верхняя половина матки съ яйцеводами, часть сѣменныхъ путей, стѣнки центральнаго спинно-мозговаго канала и мозговыхъ желудочковъ. Своею дѣятельностью мерцательный эпителіей повсюду служитъ для передвиженія соприкасающихся съ его рѣсничками жидкостей и мелкихъ твердыхъ тѣлъ. Рѣснички эпителія находятся въ непрерывномъ и столь быстромъ движеніи, что кажутся мерцающими. Во всякомъ данномъ мѣстѣ качаніе рѣсничекъ происходитъ въ одномъ и томъ же направленіи (обыкновенно совпадающемъ съ осью выстилаемаго эпителіемъ канала); притомъ въ одну сторону — куда передвигается прогоняемое рѣсничками тѣло — быстрѣе, чѣмъ въ противоположную. Сверхъ того мерцаніе совершается не на всей поверхности разомъ, а распространяется преемственно, подобно волнамъ колеблющихся колосьевъ хлѣбнаго поля.

въ группы большей или меньшей величины, называемыя мышцами, получается возможность дѣлать опыты надъ этими группами. Насколько важна въ дѣлѣ изученія доступность органа опыту, показываетъ всего лучше исторія физіологическаго изученія гладкихъ и поперечно-полосатыхъ мышцъ: о дѣятельности первыхъ, вслѣдствіе ихъ болѣе скрытаго положенія, мы знаемъ сравнительно очень мало; тогда какъ дѣятельность поперечно-полосатыхъ представляетъ одну изъ наиболѣе разработанныхъ главъ въ физіологіи. По этой причинѣ описывать явленія движенія мы будемъ только на поперечно-полосатыхъ мышцахъ.

Изъ описательной анатоміи извѣстно, что почти всѣ такія мышцы суть двигатели частей костнаго скелета, т. е. туловища, головы, лица, рукъ и ногъ [1]). Извѣстно далѣе, что они имѣютъ видъ жгутовъ или тяжей разнообразной формы, которые всегда прикрѣпляются къ сочлененнымъ между собою костямъ, перекидываясь мѣстами черезъ ихъ сочлененія, какъ это показываетъ приложенная схема. Легко понять, что при такомъ прикрѣпленіи мышечнаго тяжа (аb), стоитъ ему укоротиться, и произойдетъ сгибаніе костей. Если представить себѣ далѣе, что при этомъ кость А остается неподвижной, а подтягивается кверху только кость В, то укорачивающемуся тяжу придется, очевидно, поднимать извѣстную тяжесть.

Рис. 1.

Этими *двумя свойствами, способностью сокращаться или укорачиваться и извѣстной подъемной силой при сокращеніи, и служатъ мышцы тѣлу, какъ двигатели.*

На прилагаемой схемѣ А изображаетъ икряную мышцу лягушки съ частью бедренной кости (В), которая укрѣплена неподвижно, и грузомъ С, подвѣшеннымъ къ ея нижнему

[1]) Исключеніе составляютъ только сердце и нѣкоторые сфинкторы.

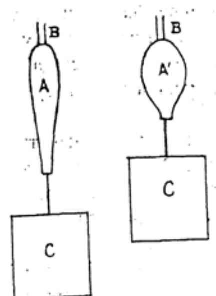


Рис. 2.

свободному концу. Мышцу заставляютъ сокращаться, раздражая ее электрическимъ токомъ, и она, укорачиваясь, поднимаетъ грузъ C. Изъ такихъ опытовъ оказывается, что мышца, вѣсящая наприм. 5 грм., можетъ поднять 300 грм., т. е. тяжесть въ 60 разъ больше собственнаго вѣса. Кромѣ того легко замѣтить, что, насколько мышца при своемъ сокращеніи укорачивается въ длину, настолько же она утолщается въ ширину (сравни A и A').

Чтобы понять такое измѣненіе формы при сокращеніи, слѣдуетъ вспомнить, что всякая мышца представляетъ въ сущности пучекъ едва видимыхъ невооруженнымъ глазомъ нитей или волоконъ, которыя лежатъ другъ подлѣ друга, не сростаясь, и связаны въ компактное цѣлое обвивающими ихъ тонкими, легко растяжимыми пленками соединительной ткани [1]. Сокращеніе всей мышцы есть ничто иное, какъ независимое другъ отъ друга сокращеніе всѣхъ ея волоконъ, причемъ на каждомъ изъ нихъ повторяется тоже, что на цѣлой мышцѣ: волокно, укорачиваясь, утолщается.

Этимъ же строеніемъ объясняется различная подъемная сила разныхъ мышцъ. Въ той, которая вдвое толще, сократительныхъ волоконъ тоже вдвое больше, и она будетъ вдвое сильнѣе, т. е. будетъ поднимать вдвое большій грузъ. Съ другой стороны, чѣмъ длиннѣе мышца, при равной тол-

[1] Если бросить въ кипятокъ кусокъ мяса и варить его нѣсколько часовъ, то всякій знаетъ, что кусокъ можно тогда расщепить на тончайшія нити. Дѣло въ томъ, что въ кипяткѣ пленки соединительной ткани растворяются въ клей, и волокна освобождаются. Каждая тончайшая нить переваренаго такимъ образомъ мяса, не могущая уже быть раздѣленной по длинѣ, и есть мышечное волокно.

щинѣ, тѣмъ на большую высоту она способна поднять тяжесть, потому что всѣ мышцы сокращаются на одну и ту же долю своей длины (болѣе чѣмъ на половину)—мышца въ вершокъ—болѣе, чѣмъ на полвершка, мышца въ четверть—больше чѣмъ на 2 вершка, и т. д.

Всякому, конечно, извѣстно, что члены нашего тѣла находятся то въ покоѣ, то въ движеніи. Значитъ мышцамъ свойственны два состоянія: покоя и дѣятельности. Чѣмъ же обусловливаются эти два состоянія? Что выводитъ мышцу изъ покоя?

Вопросы эти разрѣшаетъ анатомія и физіологическій опытъ. Первая показываетъ, что къ мышцамъ подходятъ нервы, которые въ свою очередь представляютъ пучки тончайшихъ волоконъ, не сростающихся другъ съ другомъ и дѣйствующихъ независимо одно отъ другого (они несравненно тоньше мышечныхъ волоконъ). Подойдя къ мышцѣ, такой пучекъ разсыпается на волокна, послѣднія вѣтвятся, и вѣточки внѣдряются по одной въ каждое мышечное волокно. Это даетъ анатомія.

Физіологическій же опытъ показываетъ, что *нормально мышца приходитъ въ дѣятельность не иначе, какъ подъ вліяніемъ возбуждающихъ толчковъ, сообщаемыхъ ей черезъ нервы изъ центральной нервной системы,* т. е. изъ головнаго или спиннаго мозга.

Доказывается это на лягушкѣ разрушеніемъ головнаго и спиннаго мозга, съ сохраненіемъ выходящихъ изъ нихъ нервныхъ стволовъ. Тогда животное навсегда теряетъ способность двигаться, подобно мертвому; а между тѣмъ очень легко убѣдиться, что нервы и мышцы еще живы—первые сохраняютъ способность передавать мышцамъ возбуждающіе толчки или, какъ говорятъ обыкновенно, *проводить по своей длинѣ возбужденіе;* а мышцы сохраняютъ способность отвѣчать на толчки сокращеніями.

На приложенномъ рисункѣ схематизированъ доказывающій это опытъ. Икряная мышца лягушки выдѣлена изъ

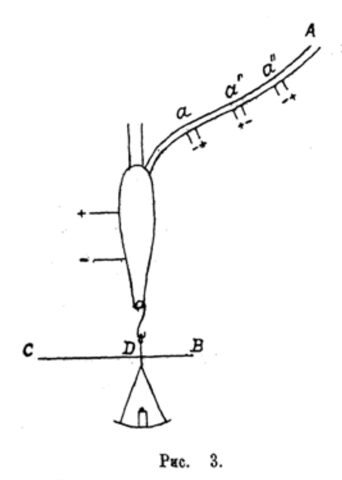


Рис. 3.

тѣла съ ея нервомъ A, верхнимъ концомъ она укрѣплена неподвижно, а свободнымъ нижнимъ связана съ вращающимся въ точкѣ B рычагомъ BC, къ которому снизу подвѣшенъ грузъ. Естественное возбужденіе, сообщающееся нерву изъ нервныхъ центровъ, замѣняетъ здѣсь искусственное раздраженіе его электрическимъ токомъ. Къ какимъ бы двумъ точкамъ по длинѣ нерва ни прикладывался послѣдній (a, a', a''), мышца сокращается. Значитъ, возбужденіе бѣжитъ по длинѣ нерва отъ мѣста раздраженія. Въ этомъ опытѣ мышца связана съ рычагомъ BC ради того, чтобы сдѣлать нагляднымъ ея сокращеніе. Понятно, что чѣмъ длиннѣе плечо рычага CD, тѣмъ большій размахъ дѣлаетъ его конецъ C.

Выше было однако сказано, что электрическій токъ заставляетъ мышцу сокращаться и въ случаѣ, если онъ проложенъ прямо къ ней. Что же это обозначаетъ?

Существуетъ ядъ, называемый кураре, который парализуетъ концы нервныхъ волоконъ, входящіе въ мышечныя волокна. У лягушекъ, отравленныхъ этимъ ядомъ, электрическое раздраженіе нерва уже не даетъ мышечныхъ сокращеній; а на раздраженіе, приложенное къ самой мышцѣ, она отвѣчаетъ сокращеніемъ. Значитъ, *мышца обладаетъ помимо сократительности, самостоятельною*, т. е. независимою отъ

нервовъ *раздражительностью*—способностью приходить въ дѣятельное состоянiе подъ влiянiемъ внѣшнихъ раздражителей.

Послѣдними могутъ быть какъ для нервовъ, такъ и для мышцъ механическiе удары, смачиванiе различными химическими веществами и прикладыванiе сильно нагрѣтыхъ тѣлъ; но между всѣми раздражителями наиболѣе дѣйствительнымъ, наименѣе вреднымъ для физiологической цѣлости раздражаемыхъ частей и наконецъ наиболѣе легко измѣняемымъ и измѣряемымъ по силѣ оказывается электрическiй токъ. Прикладываютъ его и къ мышцамъ, и къ нервамъ такъ, чтобы онъ проходилъ по длинѣ волоконъ. Употребляютъ какъ батарейные, такъ и индукцiонные токи—послѣднiе по преимуществу. Причина этому троякая:

По своей летучести (они длятся стотысячныя доли секунды) индукцiонные удары (токи) представляютъ наиболѣе быстрые, отрывистые толчки; а нервы и мышцы принадлежатъ къ механизмамъ, выводимымъ изъ равновѣсiя преимущественно быстрыми толчками, т. е. быстро наростающими и быстро ниспадающими по силѣ раздраженiями [1]).

По своей летучести индукцiонные токи почти не оставляютъ послѣ себя никакихъ измѣненiй въ состоянiи раздражаемыхъ частей; и наконецъ

Въ третьихъ, они дѣйствуютъ (при извѣстной формѣ ихъ употребленiя) наиболѣе схоже съ нормальными возбуждающими толчками, родящимися въ центральной нервной системѣ.

Всякому, конечно, извѣстно изъ ежедневнаго опыта, что наши мышечныя движенiя представляютъ крайнее разнообразiе по быстротѣ и силѣ. На обыденномъ языкѣ слово „мигъ", соотвѣтствующее одиночному миганiю, обозначаетъ

---

[1]) Это есть общее свойство раздражительныхъ тканей животнаго тѣла и сказывается очень ясно въ сферѣ зрѣнiя и кожныхъ тепловыхъ ощущенiй. Чѣмъ быстрѣе, при прочихъ равныхъ условiяхъ, переходъ отъ темноты къ свѣту и отъ холода къ теплу, тѣмъ ощущенiе свѣта и тепла рѣзче.

нѣчто чрезвычайно короткое; но намѣренно можно производить движенія, длящіяся чуть не минуту. Однѣ и тѣ же руки силача могутъ еле-еле прикасаться къ предмету и разгибать подкову.

Многое изъ этихъ явленій мы умѣемъ воспроизводить искусственно, пользуясь дѣйствіемъ индукціонныхъ токовъ.

Въ приложеніи къ нерву икряной мышцы лягушки, одиночный индукціонный ударъ даетъ одиночное сокращеніе значительно болѣе быстрое, чѣмъ „мигъ". — Укороченіе мышцъ длится всего $^{1}/_{20}''$ и столько же времени ея растяженіе до первоначальной длины. Несмотря на такую кратковременность явленія, великому нѣмецкому физіологу Гельмгольтцу удалось найти, что укороченіе мышцъ начинается не въ моментъ раздраженія, а запаздываетъ приблизительно на $^{1}/_{100}''$. Этотъ промежутокъ онъ назвалъ *періодомъ скрытаго раздраженія* и доказалъ, что на этотъ промежутокъ падаетъ развивающійся въ мышцѣ при ея сокращеніи электрическій токъ. Доказывается это въ настоящее время очень просто. Отпрепаровываютъ двигательные нервы заднихъ ногъ лягушки съ ихъ спинно-мозговыми корешками и набрасываютъ послѣдніе на бьющееся сердце лягушки. При этомъ глазъ прямо видитъ, что мышцы ногъ (А въ приложенной схемѣ) вздрагиваютъ *передъ* каждымъ сокращеніемъ желудочка сердца (В). Въ послѣднемъ развивается передъ сокращеніемъ (въ періодъ скрытаго раздраженія!) токъ, который и раздражаетъ (какъ всякій вообще электрическій токъ) наброшенный на желудочекъ нервъ.

Рис. 4.

Ему же, великому Гельмгольтцу, мы обязаны доказательствомъ, что у человѣка, при продолжительномъ сильномъ сокращеніи мышцъ, нормальные двигательные импульсы изъ

нервныхъ центровъ имѣютъ видъ отрывистыхъ толчковъ, слѣдующихъ другъ за другомъ съ частотою 19—20 разъ въ секунду. Въ настоящее время и этотъ фактъ доказывается очень просто. Мышца прокалывается иглами, связанными съ телефономъ, и ухо слышитъ извѣстной высоты шумъ во время ея волевого сокращенія. Съ каждымъ толчкомъ изъ нервныхъ центровъ въ мышцѣ развивается токъ, а къ токамъ телефонъ, какъ извѣстно, крайне чувствителенъ и отвѣчаетъ на нихъ колебаніями пластинки.

Когда человѣкъ, какъ говорится, сильно напрягаетъ мышцы, не производя движенія (наприм. держитъ кулакъ сильно сжатымъ, упирается сильно ногами и руками, чтобы сдвинуть очень большую тяжесть и т. п.), мышцы его находятся въ непрерывномъ сокращеніи. Такое состояніе мышцъ выражено въ наиболѣе сильной степени въ болѣзни, извѣстной подъ именемъ столбняка (также при отравленіи стрихниномъ), поэтому и носитъ названіе *тетануса*. Искусственное же раздраженіе, приводящее мышцу въ такое состояніе, называется *тетанизаціей*.

Вызывается оно рядомъ индукціонныхъ ударовъ, слѣдующихъ другъ за другомъ настолько часто, что въ промежуткахъ между ними мышца не успѣваетъ растянуться. Для лягушечей и человѣческой мышцы достаточно 20 ударовъ въ 1", чтобы укоротившаяся отъ первыхъ ударовъ мышца оставалась все время сокращенной, пока длится тетанизація.

Итакъ, разница между состояніями нашихъ мышцъ, когда они производятъ движеніе и когда сильно напрягаются, не производя таковаго, заключается въ томъ, что въ первомъ случаѣ мы имѣемъ дѣло съ кратковременнымъ и слабымъ, а во второмъ съ продолжительнымъ и сильнымъ тетанусомъ.

Изъ того обстоятельства, что движенія наши имѣютъ тетаническій характеръ, получаются для организма слѣдующія двѣ выгоды: при одинаковой нагрузкѣ и равныхъ силахъ раздражающаго тока тетаническое поднятіе груза

мышцей по крайней мѣрѣ вдвое выше, чѣмъ подъемъ отъ одиночнаго удара; при одинаковой силѣ раздраженія, подъемная сила тетанизируемой мышцы значительно больше подъемной силы, сопровождающей одиночное сокращеніе. Ниже мы увидимъ, какъ важны эти обстоятельства въ смыслѣ экономіи силъ; теперь же обратимся къ рѣшенію вопроса, какими средствами достигается наша способность видоизмѣнять силу мышечныхъ сокращеній отъ едва ощутимаго прикосновенія къ предметамъ до передвиженія пудовыхъ тяжестей.

Для этого возьмемъ по прежнему икряную мышцу ля-

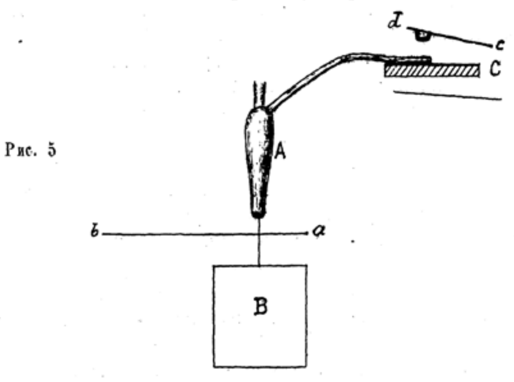


Рис. 5

гушки, съ ея нервомъ, укрѣпленную верхнимъ концомъ неподвижно, а нижнимъ связанную съ рычагомъ ab и грузомъ B. Вмѣсто же электрическаго тока будемъ употреблять механическое раздраженіе нерва въ формѣ удара падающею на нервъ тяжестью. Съ этою цѣлью конецъ нерва положимъ на стеклянную пластинку C, а тяжесть представлена маленькой каплей сургуча на концѣ рычага cd (тоненькой деревянной спицы), вращающагося въ плоскости рисунка въ точкѣ C. Если поднять свободный конецъ этого рычажка

надъ нервомъ, примѣрно на 1 стм., и пустить его падать, то ударъ по нерву заставляетъ мышцу сократиться, и она поднимаетъ, скажемъ, на 2 миллиметра грузъ болѣе чѣмъ въ 200 грм. Въ этой формѣ опытъ даетъ очень легкую возможность сравнить работу раздражающаго удара, какъ производящую причину, съ работой мышечнаго сокращенія, какъ эффектомъ. Если въ самомъ дѣлѣ выразить обѣ работы въ граммометрахъ, то для раздражающаго удара она будетъ равна произведенію изъ вѣса падающаго груза (въ граммахъ) на длину его пути (въ метрахъ); а для мышцъ— произведенію изъ величины поднятаго груза на высоту поднятія. Капля сургуча вѣситъ 0,1 грм., слѣдовательно работа удара будетъ $= 0{,}1 \times 0{,}01 = 0{,}001$ граммометра, а работа мышцы $200 \times 0{,}002 = 0{,}4$ граммометра; т. е. эффектъ будетъ сильнѣе производящей причины въ 400 разъ. При раздраженіи нерва слабыми электрическими ударами это несоотвѣтствіе еще сильнѣе.

Факты эти имѣютъ громадную важность, показывая несомнѣнно, что въ отношеніи къ толчкамъ изъ нервной системы мышца представляетъ не простого передатчика силы этихъ толчковъ — тогда эффектъ въ самомъ счастливомъ случаѣ былъ бы равенъ по величинѣ производящей причинѣ, — а механизмъ, внутри котораго какъ будто родятся подъ вліяніемъ нервнаго толчка силы, не имѣющія къ его величинѣ прямаго отношенія. Суть явленія и заключается именно въ этомъ, только слова „силы родятся" слѣдуетъ замѣнить словами „силы освобождаются". Въ этомъ отношеніи мышцу можно сравнить съ натянутой сильной пружиной, спускъ которой задержанъ легко устранимой запоркой. Система эта заряжена энергіей, сообщенной ей при растяженіи пружины, и, пока запорка не устранена, система въ покоѣ. Но стоитъ устранить легкимъ движеніемъ руки запорку—происходитъ спускъ, и пружина возвращаетъ назадъ сообщенную ей энергію въ видѣ какой-либо работы.

не стоящей ни въ какомъ отношеніи къ работѣ устраненія запорки. Еще ближе подходитъ къ мышцѣ случай пороха, взрываемаго искрой, или какого-либо взрывчатаго вещества вообще, разлагающагося отъ незначительнаго толчка.

Мышца въ покоѣ представляетъ систему, заряженную энергіей, а нервъ ея имѣетъ значеніе привода, которымъ системѣ сообщаются толчки, освобождающіе энергію.

Легко понять, что при такомъ отношеніи нашихъ двигателей къ нервной системѣ, послѣдняя получаетъ возможность работать въ дѣлѣ произведенія движеній очень незначительными силами; и, конечно, расходованіе ихъ будетъ тѣмъ экономнѣе, чѣмъ быстрѣе возрастаетъ величина мышечной работы, сравнительно съ возрастаніемъ расхода энергіи въ нервныхъ центрахъ. Вотъ тутъ-то и сказывается преимущество тетаническаго возбужденія надъ раздраженіемъ одиночными толчками: при крайней слабости послѣднихъ, для расхода въ сущности безразлично, дѣйствуетъ ли одинъ или два толчка, а между тѣмъ въ послѣднемъ случаѣ эффектъ укороченія отягченной мышцы увеличивается чуть не вдвое.

Это однако еще не самая удивительная сторона въ устройствѣ нашихъ нервно-мышечныхъ двигателей—главныя чудеса лежатъ въ слѣдующемъ.

Какъ бы велико ни было количество пороха, которому сообщается искра, взрывается всегда все его количество разомъ; а *взрывчатое вещество мышцъ расходуется мало по малу*, соотвѣтственно силѣ сообщаемыхъ ему возбуждающихъ толчковъ.

Икряную мышцу лягушки укрѣпляютъ отвѣсно и связываютъ съ рычагомъ ab, дающимъ возможность записывать величину мышечныхъ укороченій на закопченной поверхности барабана A, повертываемаго передъ каждымъ сокращеніемъ на маленькій уголъ рукою или инымъ способомъ. Къ свободному концу рычага подвѣшена посредствомъ

шарнира пишущая игла c, которую прижимаетъ къ барабану маленькій подвижной грузъ d. Каждое укороченіе мышцъ оставляетъ на барабанѣ слѣдъ въ видѣ вертикальной ли-

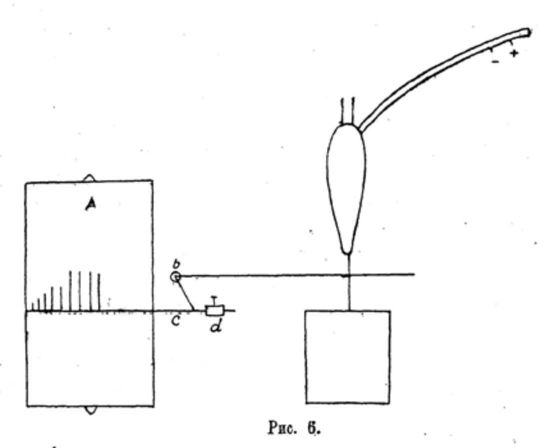


Рис. 6.

ніи. Нервъ раздражаютъ отдѣльными индукціонными ударами постепенно возрастающей отъ нуля силы и получаютъ сначала рядъ увеличивающихся укороченій, за которыми слѣдуютъ неизмѣняющіяся уже по высотѣ сокращенія, несмотря на дальнѣйшее усиленіе раздраженія. Если индукціонные удары отдѣлены другъ отъ друга промежутками напр. въ 1″, то вырѣзанная изъ тѣла, т. е. лишенная притока крови, мышца можетъ дать сотни сокращеній. Если же опытъ устроенъ такъ, чтобы къ раздражаемой мышцѣ притекала постепенно кровь, то сокращеній можно получить десятки тысячъ. Однако и въ первомъ, и во второмъ случаѣ сокращенія, оставаясь нѣкоторое время на одной и той же высотѣ, начинаютъ постепенно ослабѣвать до пол-

наго уничтоженія. Усиливая послѣ этого раздражающій токъ, можно получить новые ряды убывающихъ сокращеній, но каждый изъ нихъ становится короче и короче, пока наконецъ сокращенія совсѣмъ не прекратятся. Тогда запасъ энергіи въ мышцѣ можно считать истощеннымъ.

Въ этихъ опытахъ заключенъ цѣлый рядъ крайне важныхъ указаній. Во первыхъ способность безкровной мышцы лягушки давать сотни сокращеній съ поднятіемъ тяжестей несомнѣнно свидѣтельствуетъ, что у этого животнаго (холоднокровнаго!) мышцы заключаютъ въ себѣ нѣкоторый готовый запасъ энергіи, независимо отъ веществъ, приносимыхъ къ нимъ кровью.

Судя по быстротѣ, съ которой развиваются въ дѣятельной мышцѣ живыя силы (1/20"!) [1]) и на основаніи данныхъ, заставляющихъ принимать, что они родятся изъ химическихъ переворотовъ (см. ниже), было бы всего естественнѣе представлять себѣ этотъ запасъ въ видѣ взрывчатаго вещества, заключеннаго въ мышечной ткани. Но тогда была бы крайне удивительна постепенность его расходованія маленькими порціями.

Во вторыхъ, фактъ постепеннаго возрастанія мышечныхъ сокращеній съ усиленіемъ *только слабыхъ* раздраженій, будучи сопоставленъ съ нашей способностью видоизмѣнять величину мышечныхъ сокращеній отъ еле замѣтныхъ передвиженій членовъ до очень значительныхъ размаховъ, доказываетъ, несомнѣнно, что во всѣхъ подобныхъ случаяхъ (а они составляютъ большинство!) импульсы къ мышцамъ изъ нервной системы представляютъ крайне слабые толчки.

Сравненіе дѣятельностей мышцы безкровной и получающей кровь показываетъ далѣе одно изъ двухъ: или съ кровью приносятся мышцѣ вещества, пополняющія траты (взрывчатаго) матеріала, расходуемаго на работу, или веще-

[1]) У насѣкомыхъ, издающихъ при летаніи высокіе звуки, каждое отдѣльное сокращеніе мышцъ, движущихъ крыльями, длится сотыя доли секунды.

ства, косвенно необходимыя для произведенія химическаго переворота. Объ этомъ у насъ рѣчь будетъ дальше.

Наконецъ, наши простые опыты даютъ наглядную картину постепеннаго развитія мышечной усталости.

Теперь посмотримъ, какъ отдыхаетъ утомленная мышца.

Ежедневный опытъ показываетъ, что отдыхать отъ мышечной усталости можно на два лада: прерывать работу частыми короткими отдыхами или продолжительнымъ покоемъ послѣ долгой непрерывной дѣятельности. Въ первомъ случаѣ, очевидно, сглаживаются слабыя степени утомленія, а во второмъ сильныя. При восхожденіи на крутыя горы или на высокія крутыя лѣстницы очень быстро устаютъ дыхательныя мышцы, и всякій знаетъ по опыту, что тутъ помогаютъ даже минутные отдыхи. Это обстоятельство уже позволяетъ думать, что въ очень слабыхъ степеняхъ усталости и секундные отдыхи могутъ дѣйствовать возстановительно. Въ пользу послѣдняго говоритъ въ самомъ дѣлѣ слѣдующій общеизвѣстный фактъ: одну и ту же работу, напримѣръ пиленіе дровъ, можно производить съ медленнымъ и скорымъ темпомъ, и кому же неизвѣстно, что въ послѣднемъ случаѣ человѣкъ устаетъ скорѣе? Отсюда уже одинъ шагъ до слѣдующей мысли:

такъ какъ при всякой вообще мышечной работѣ для каждой мышцы въ отдѣльности за каждымъ ея сокращеніемъ слѣдуетъ періодъ покоя,— слѣдовательно, мышца отдыхаетъ во время самой работы, въ фазы покоя.

На мышцахъ лягушки, питающихся кровью, это доказывается тѣмъ, что при болѣе медленныхъ темпахъ электрическаго раздраженія явленія усталости развиваются медленнѣе.

Съ этой же точки зрѣнія становится совершенно понятно, что всего больше утомляютъ сильныя мышечныя напряженія, т. е. тетанусы безъ работы:—здѣсь мышца сокращена непрерывно, безъ періодовъ покоя.

Во всякомъ же случаѣ въ работающей мышцѣ утомле-

ніе (расходованіе энергіи) идетъ быстрѣе отдыханія (возстановленія энергіи), потому что при продолжительной работѣ первое беретъ верхъ надъ послѣднимъ и, тѣмъ рѣзче, чѣмъ продолжительнѣе работа.

Съ другой стороны, кто-же не знаетъ, что мышечныя упражненія съ надлежащими періодами отдыха, какъ говорится, укрѣпляютъ мускулатуру, а продолжительная бездѣятельность ослабляетъ ее.

Такъ, человѣкъ нашего сословія, хотя бы здоровый и сильный, но непривыкшій напр. къ полевымъ работамъ устаетъ очень быстро, взявшись за какую-нибудь работу такого рода. Стоитъ ему однако повторять эти упражненія изо дня въ день, и работа его съ каждымъ днемъ будетъ сопровождаться все меньшей и меньшей усталостью при большей производительности. Если при этомъ поставить въ связь величину произведенной въ теченіи нѣсколькихъ часовъ работы съ количествомъ энергіи, которымъ была заряжена мускулатура передъ работой, и степенью утомленія въ концѣ ея, то для объясненія всего ряда явленій было бы достаточно принять, что упряжняющаяся въ работѣ мышца сильнѣе заряжается при отдыхахъ энергіей, чѣмъ мало упражненная. Такое объясненіе очень вѣроятно, потому что дѣятельность мышцы связана съ усиленіемъ въ ней вещественнаго обмѣна, а послѣдній служитъ единственнымъ источникомъ развитія мышечной энергіи.

Укрѣпляющее дѣйствіе привычной дѣятельности выступаетъ еще ярче при гимнастическихъ упражненіяхъ, когда они ведутъ за собою наростаніе массы мышцъ. Это ли не доказательство усиленнаго обмѣна веществъ въ дѣятельной мускулатурѣ? Обратное мы видимъ на мышцахъ людей съ парализованными членами. Слова „высохшая рука“ обозначаютъ въ сущности ничто иное, какъ значительную

убыль въ массѣ мышцъ, остававшихся долгое время недѣятельными.

Описавъ такимъ образомъ всю внѣшнюю сторону мышечной дѣятельности, перехожу къ описанію сопровождающихъ ее внутреннихъ процессовъ [1]).

Здѣсь на первое мѣсто долженъ быть поставленъ слѣдующій фактъ:

Мышечная работа связана съ усиленнымъ противъ покоя разложеніемъ веществъ.

Мышца потребляетъ тогда больше кислорода и выдыхаетъ особенно много угольной кислоты. То и другое отражается на дыханіи и кровообращеніи усиленіемъ дыхательныхъ движеній (которое соотвѣтствуетъ усиленной вентиляціи крови отъ углекислоты) и работы сердца.

Рядомъ съ этимъ усиливается развитіе тепла въ тѣлѣ, согрѣвается кожа, и усиливается испареніе воды съ ея поверхности.

Послѣднее представляетъ регуляторный актъ, которымъ устраняется излишнее накопленіе тепла въ тѣлѣ.

Нельзя, конечно, утверждать, чтобы весь избытокъ (противъ условій покоя) потребляемаго кислорода и выдыхаемой углекислоты доставляется одной мускулатурой; но доказанная прямыми опытами крайняя чувствительность дыхательной механики даже къ *слабымъ* мышечнымъ движеніямъ ясно показываетъ, что главная доля этого избытка приходится на мышцы. Тѣмъ болѣе, что по вѣсу мускулатура составляетъ 40% вѣса всего тѣла, и при мышечной работѣ, сколько извѣстно, усиливается еще только дѣятельность потовыхъ железъ, всѣ же остальные рабочіе органы молчатъ.

---

[1]) Слѣдовало бы сказать: сопровождающихъ ее «и послѣдующихъ за нею» внутреннихъ процессовъ; но, къ сожалѣнію, о томъ, что происходитъ въ мышцѣ послѣ усиленной работы, ничего неизвѣстно.

Второй шагъ въ нашемъ вопросѣ составляютъ опыты которыми доказывается, что

Во время работы разложенiе веществъ, съ усиленнымъ противъ покоя поглощенiемъ кислорода, выдѣленiемъ углекислоты и развитiемъ тепла происходитъ въ самой мышечной ткани.

Выше, въ главѣ о дыханiи [1]), мы видѣли въ самомъ дѣлѣ, что даже вырѣзанныя изъ тѣла мышцы (лягушки) усиленно выдѣляютъ углекислоту при искусственномъ раздраженiи. Усиленное же поглощенiе кислорода доказано на теплокровныхъ животныхъ слѣдующимъ образомъ: черезъ мышцы ноги пропускалась кровь съ извѣстнымъ содержанiемъ кислорода при условiяхъ покоя и искусственнаго возбужденiя; оказалось, что въ послѣднемъ случаѣ увеличивалось какъ количество крови, протекшей черезъ мышцы, такъ и количество исчезнувшаго изъ нея кислорода. Что же касается до развитiя тепла въ мышцѣ, то оно констатируется прямо, при посредствѣ термоэлектрическихъ батареекъ, приспособленныхъ по формѣ и размѣрамъ къ ущемленiю тѣхъ или другихъ спаевъ батареи между изслѣдуемыми мышцами (обыкновенно мышцами, вырѣзанными изъ тѣла лягушки). На приложенномъ рисункѣ изображена батарейка изъ тонкихъ пластинокъ нейзильбера и желѣза (желѣзныя звенья заштрихованы), употреблявшаяся **Гельмгольтцомъ**.

Своими острыми концами пластинки пронзаютъ бедренныя мышцы обѣихъ ногъ лягушки такимъ образомъ, чтобы спаи нейзильбера съ желѣзомъ каждой пластинки лежали въ мышцахъ разныхъ ногъ. Затѣмъ концы пластинокъ связываются проводниками въ направленiи a b c d e f g h i; свободные концы послѣднихъ (ai) сообщаются съ гальванометромъ; и раздражается то или другое изъ нервныхъ сплетенiй (N_1 или N_2). На сторонѣ раздражаемыхъ нервовъ происходитъ сокращенiе мышцъ; слѣдовательно, прикрытые ими

---

[1]) См. I вып.

спаи согрѣваются противъ спаевъ, лежащихъ подъ покойными мышцами.

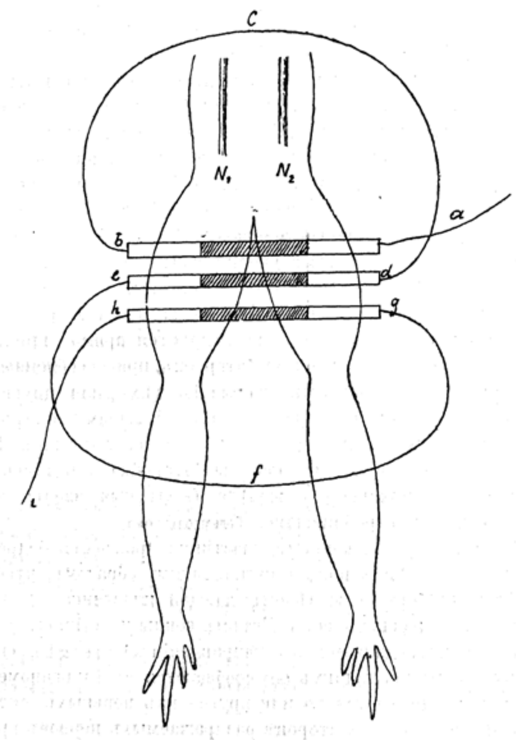


Рис. 7.

Позднѣе Гейденгайнъ употреблялъ батарейки несравненно болѣе чувствительныя (показывавшія менѣе 0,001° С.), и

ему удалось наблюдать согрѣваніе даже отъ летучаго сокращенія, производимаго однимъ индукціоннымъ ударомъ.

Если прибавить къ этому упомянутое уже выше развитіе въ мышцѣ электрическихъ токовъ при ея возбужденіи и измѣненіе реакціи мышечной ткани изъ нейтральной въ кислую, указывающее на образованіе въ ней нелетучей кислоты, то получается рядъ несомнѣнныхъ свидѣтельствъ, что въ мышцѣ, при ея дѣятельности происходятъ химическіе перевороты, сопровождающіеся развитіемъ живыхъ силъ.

Дальнѣйшее изученіе явленій должно было бы выяснить:

Какія вещества подвергаются въ дѣятельной мышцѣ распаду, т. е. исчезаютъ изъ ея ткани во время работы;

Въ какой формѣ происходитъ распадъ; и

Можно ли считать послѣдній источникомъ развитія, не только тепла, но и рабочихъ силъ въ мышцѣ.

Если бы распадающееся при работѣ вещество было найдено, и форма его разложенія извѣстна, то отвѣтъ на третій вопросъ въ утвердительномъ смыслѣ доказывалъ бы прямо происхожденіе мышечной энергіи изъ химическихъ превращеній вещества. Къ сожалѣнію, знанія наши по намѣченнымъ вопросамъ представляютъ еще много пробѣловъ, особенно по второму изъ нихъ (относительно формы распада). Поэтому, этого 2-го вопроса я разбирать вовсе не буду.

Изъ всѣхъ веществъ, входящихъ въ составъ мышечной ткани, несомнѣнно доказано исчезаніе при работѣ одного только гликогена; слѣдовательно, только объ немъ и можетъ быть рѣчь, какъ объ источникѣ развитія тепла и работы. Запасъ его въ покоющихся мышцахъ считается въ 0,5%; слѣдовательно, въ лягушечьей мышцѣ вѣсомъ въ 3,5 gr. запасъ этотъ равенъ 0,018 gr. Если принять, что онъ сгораетъ въ мышцѣ до тла и даетъ теплоту сгоранія какъ крахмалъ, то количество тепла въ малыхъ калоріяхъ

будетъ 73,8 cal. Если принять кромѣ того, что изъ всего количества освобожденной энергіи, выраженнаго въ тепловыхъ единицахъ, въ работу переходитъ лишь $^1/_4$ (см. ниже), то сгораніе 0,018 грм. гликогена могло бы дать $\frac{73,8}{4} \times 424 =$ $= 7822,8$ граммометровъ работы. Полагая, что вырѣзанная изъ тѣла лягушечья мышца въ 3,5 грм. вѣсомъ способна долгое время поднимать грузъ въ 200 грм. на высоту 0,005 метра (1 граммометръ работы на 1 сокращеніе), выходило бы, что запаса гликогена хватило бы почти на 8000 сокращеній—двухчасовую непрерывную работу, съ промежутками въ 1″ между сокращеніями. Нѣтъ сомнѣнія, что вырѣзанная изъ тѣла лягушечья мышца не можетъ дать столь значительной работы; стало быть для нея (т. е. мышцы), со стороны количества освобождающейся при возбужденіи энергіи, можно было бы считать мышечный гликогенъ исключительнымъ источникомъ послѣдней. Но какъ примирить съ этимъ быстроту мышечнаго сокращенія? Разложеніе вещества должно происходить со скоростью взрыва, потому что при раздраженіи одиночнымъ индукціоннымъ ударомъ полное развитіе подъемной силы происходитъ въ $^1/_{20}$″. Помирить, я думаю, можно тѣмъ, что количество вещества, разлагающагося при каждомъ ударѣ, крайне ничтожно: въ нашемъ примѣрѣ оно соотвѣтствовало бы $\frac{0,018}{7822}$ грм. или 0,0023 миллигрм. гликогена. На разложеніе столь ничтожнаго количества вещества много времени не нужно. Значитъ, и съ этой стороны ничто не препятствовало бы признать въ гликогенѣ источникъ мышечной энергіи (для лягушки)!

На человѣкѣ вопросъ объ источникахъ мышечной силы разрѣшается инымъ путемъ.

Ежедневный опытъ показываетъ, что при работѣ и человѣкъ, и животное ѣдятъ больше, чѣмъ при продолжитель-

номъ покоѣ. Естественно думать уже поэтому, что рабочія силы родятся изъ химическихъ превращеній пищевыхъ веществъ, тѣмъ болѣе, что мы знаемъ, какъ рѣзко повышаются во время работы процессы окисленія въ тѣлѣ, съ сопровождающимъ ихъ развитіемъ тепла. Упадокъ силъ при недостаточномъ питаніи въ свою очередь говоритъ тоже самое. Но самые убѣдительные аргументы заключаются въ слѣдующемъ. Среднюю 8-часовую работу человѣка считаютъ въ 200.000 килограммометровъ, усиленную—въ полтора раза больше; а суточная работа лошади заходитъ за 2.000.000 килограммометровъ. Понятно, что на такія работы затрачивается такъ много энергіи, что источникъ ея образованія въ животномъ тѣлѣ не могъ бы оставаться незамѣченнымъ, а между тѣмъ самыя тщательныя наблюденія не открываютъ въ организмѣ никакихъ иныхъ источниковъ развитія живыхъ силъ кромѣ химическихъ превращеній внѣшняго вещества, т. е. органическихъ составныхъ частей пищи [1].

Итакъ, *источникомъ мышечныхъ силъ служатъ въ концѣ концовъ превращенія бѣлковъ, жира и углеводовъ пищи.*

Но служатъ ли всѣ эти вещества означенной цѣли разомъ или только нѣкоторымъ изъ нихъ?

Здѣсь прежде всего невольно является мысль, что главнымъ источникомъ является отложенный въ мышцахъ и печени гликогенъ, такъ какъ онъ исчезаетъ при работѣ. Но этотъ источникъ нельзя считать исключительнымъ, потому что при продолжительномъ голоданіи гликогенъ исчезаетъ изъ этихъ органовъ, а между тѣмъ голодающіе люди и животныя способны работать. Такъ, извѣстный искусникъ голоданія Суччи дрался на рапирахъ послѣ 30 дней голода.

---

[1]) Прямое доказательство химическаго происхожденія рабочихъ силъ въ организмѣ было бы возможно лишь при условіи, если бы мы знали весь преемственный рядъ превращеній энергіи отъ химической формы до кинетической, какъ это знаемъ напр. для паровой машины. Но этого мы, къ сожалѣнію, еще не знаемъ (см. ниже).

Затѣмъ, при опытномъ рѣшенiи вопроса, какiя именно вещества пищи нужны для работы, необходимо имѣть въ виду слѣдующее: бѣлки, если бы они даже и не служили спецiальнымъ рабочимъ матерiаломъ, нельзя исключать изъ пищи рабочаго, потому что на пищѣ безъ бѣлковъ человѣкъ и животное голодаютъ, а при голоданiи рабочiя силы, какъ извѣстно, падаютъ. Поэтому вопросъ нашъ разрѣшается не прямыми опытами измѣренiя рабочихъ силъ при той или другой дiэтѣ, а косвенно.

Вмѣстѣ того, чтобы изучать, какъ влiяетъ на рабочiя силы та или другая составная часть пищи (т. е. бѣлки, жиры и углеводы) въ отдѣльности, человѣка и животныхъ, подвергающихся опыту, кормятъ смѣшанной пищей одинаковаго состава при условiяхъ полнаго покоя и работы, собираютъ въ обоихъ случаяхъ всѣ изверженiя (легкими, кожей, почками и кишками) и опредѣляютъ, путемъ сравненiя, изъ ихъ состава [1]), насколько увеличилось при работѣ, сравнительно съ покоемъ, разложенiе бѣлковъ и безазотистой составной части пищи (для этихъ опытовъ, очевидно, выгоднѣе брать въ пищу рядомъ съ бѣлкомъ или одинъ жиръ или одинъ углеводъ). Если при этомъ приростъ разложенiя той или другой составной части пищи противъ условiй покоя оказывается незначительнымъ, въ сравненiи съ произведенной работой, то соотвѣтственное вещество считается не играющимъ существенной роли въ развитiи рабочихъ силъ.

Такiе опыты дѣлались на человѣкѣ и животныхъ при полномъ голодѣ (при этомъ гликогенъ печени и мышцъ предпологался отсутствующимъ изъ тѣла), недостаточномъ и нормальномъ питанiи, и всѣ согласно показали:

---

[1]) Опредѣляютъ именно количество выведеннаго изъ тѣла изверженiями азота и углерода. По количеству перваго можно высчитать количество разложившагося бѣлка, а по количеству углерода (за исключенiемъ того, который приходится на долю разложившагося бѣлка) можно высчитать величину разложенiя жира или углевода.

Рядомъ съ сильнымъ увеличеніемъ количества поглощаемаго кислорода и выдыхаемой угольной кислоты сравнительно незначительное увеличеніе количества азота въ мочѣ при работѣ.

Откуда дѣлается выводъ, что

Главнымъ рабочимъ матеріаломъ служатъ безазотистыя вещества (и таковыя же вещества самою тѣла при голодѣ).

Привожу три примѣра:

I. Человѣкъ во время полнаго голода, въ теченіи сутокъ.

при покоѣ:

велич. разлож. въ тѣлѣ мяса.	велич. разлож. въ тѣлѣ жира.	колич. кислор.	колич. выдѣл. углекисл.	кол. выдѣл. воды.
75 gr.	209 gr.	761 gr.	716 gr.	821 gr.
во время работы:				
75 gr.	380 gr.	1.071 gr.	1.187 gr.	1.777 gr.

II. Собака, получавшая ежедневно 1.500 gr. мяса, выдѣляла

		мочевины
1-й опытъ	при покоѣ	109,8 gr.
	во время работы	117,2 „
	при покоѣ	109,9 „
2-й опытъ	во время работы	114,1 „
	при покоѣ	110,6 „

III. Рабочая лошадь

а) при недостаточномъ кормѣ:

Вѣсъ тѣла въ килограмм.	Производ. работа въ килограммометр.	Количество азота въ мочѣ за сутки.
534,7	625,000	99 gr.
528	1.250,000	109,3 „

522	1.875,000	116,8 „
508	1.100,000	110,2 „
	625,000	98,3 „

b) Приходъ азотистыхъ веществъ усиленъ, но кормъ еще недостаточенъ:

496	808,000	198,6 „
471	2.424,000	224,0 „
458	808,000	199,6 „

c) Приходъ безазотистыхъ веществъ усиленъ абсолютно и относительно. Кормъ достаточенъ:

520,5	2.424,000	174,4 „
542,9	808,000	168,9 „

Во всѣхъ этихъ примѣрахъ, за исключеніемъ 1-го, количество азота въ мочѣ, т. е. количество разложившагося въ тѣлѣ бѣлка, оказывается нѣсколько увеличеннымъ во время работы, и болѣе рѣзко при недостаточномъ кормѣ (сравни опыты b и c на рабочей лошади); но увеличеніе это далеко не соотвѣтствуетъ усиленію производимой работы. Особенно поучительно въ этомъ отношеніи сравненіе опытовъ на собакѣ (примѣръ II) съ опытами на рабочей лошади. Лошадь выводила мочею азота немного болѣе чѣмъ вдвое противъ собаки, а между тѣмъ, работа ея, конечно, превышала работу собаки въ десятки разъ. Дѣло въ томъ, что на величину выдѣляемаго мочею азота, вліяла на первомъ мѣстѣ не работа, а количество бѣлка въ пищѣ, котораго собака получала съ мясомъ очень много, а лошадь, сравнительно съ объемомъ ея пищи, очень мало

Слѣдуетъ ли однако изъ этихъ опытовъ, что бѣлокъ пищи не играетъ никакой роли въ рабочихъ процессахъ.

Знаменитый опытъ **Пфлюгера**, произведенный на собакѣ въ недавнее время, явно доказываетъ противное. Онъ кормилъ собаку однимъ мясомъ, искусственно очищеннымъ отъ

жира, въ теченіи 9 мѣсяцевъ, и она въ теченіи этого времени производила очень тяжелыя работы. Какъ же помирить этотъ фактъ съ сдѣланнымъ выше выводомъ? Только слѣдующимъ образомъ: при кормленіи исключительно бѣлками (мясомъ), рабочимъ матеріаломъ служитъ, вѣроятно, не весь бѣлокъ цѣликомъ, а лишь безазотистая часть его, оставшаяся по отщепленіи отъ бѣлка азотистой половины [1]). Этотъ остатокъ, вѣроятно, играетъ въ тѣлѣ вообще ту-же роль, что безазотистыя вещества пищи, т. е. участвуетъ въ развитіи тепла и рабочихъ силъ. Собака, какъ плотоядное животное, можетъ переваривать и превращать столь большія количества мяса, что безазотистаго остатка бываетъ достаточно на покрытіе всѣхъ расходовъ при работѣ; оттого она можетъ жить однимъ мясомъ. У человѣка же и травоядныхъ бѣлка въ пищѣ бываетъ обыкновенно недостаточно для покрытія всѣхъ тратъ; и тѣмъ не менѣе безазотистая половина пищеваго бѣлка и у нихъ участвуетъ въ рабочихъ процессахъ и тѣмъ сильнѣе, чѣмъ недостаточнѣе количество пищи вообще. Съ этой точки зрѣнія становится понятнымъ, почему, при недостаточной пищѣ, бѣлковъ во время работы разлагается больше, чѣмъ при пищѣ достаточной и богатой безазотистыми веществами (опыты на лошади въ примѣрѣ III).

Чтобы покончить съ вопросомъ о развитіи рабочихъ силъ изъ пищи, мнѣ остается разъяснить еще одно разнорѣчіе между научными воззрѣніями на отрицательную роль бѣлковъ въ этихъ процессахъ и общепризнаннымъ благопріятнымъ вліяніемъ на работу пищи, богатой бѣлками (мясомъ).

Въ виду того, что главнымъ рабочимъ матеріаломъ

---

[1]) Сто частей сухаго беззольнаго бѣлка распадаются такимъ образомъ, что нѣсколько болѣе 25% отщепляется въ видѣ мочевины и другихъ азотистыхъ веществъ мочи, а 75% остается въ видѣ безазотистаго продукта.

считаются безазотистыя вещества пищи, слѣдовало бы ожидать, что пища рабочаго человѣка должна быть богата преимущественно ими, т. е. жирами и углеводами, богата болѣе хлѣбомъ, чѣмъ мясомъ, А между тѣмъ рабочая практика не на одномъ человѣкѣ, а на цѣлыхъ рабочихъ артеляхъ показываетъ, что производительность работъ, длящихся изо дня въ день долгое время, при пищѣ богатой мясомъ, повышается.

Фактъ этотъ, хотя и не разъясненъ вполнѣ, но его можно, я думаю, помирить съ развитымъ выше научнымъ воззрѣніемъ.

Въ основѣ послѣдняго лежатъ факты (разложеніе веществъ во время работы), стоящіе въ непосредственной связи съ наблюдаемой работой; тогда какъ связь между количествомъ работы, произведенной напр. рабочей артелью въ теченіи недѣли, и питаніемъ ея членовъ хотя и существуетъ, но далеко не прямая, вслѣдствіе вмѣшательства слѣдующихъ двухъ моментовъ, вліяющихъ на производительность работы: усталость въ теченіи каждаго рабочаго дня и противуположнаго ей чувства бодрости во время работы. Когда человѣкъ бодръ и веселъ, работа, какъ говорится, спорится, рабочія движенія идутъ живо и бойко; а при противоположномъ настроеніи нервной системы или у человѣка мало-мальски утомленнаго работа идетъ, наоборотъ, вяло. Оттого одинъ и тотъ же человѣкъ можетъ производить въ одинъ и тотъ же срокъ очень различныя количества работы. Теперь представимъ себѣ (на это существуютъ очень серьезные намеки), что мясная пища, противодѣйствуя утомленію, настраиваетъ нервную двигательную механику человѣка на болѣе высокій ладъ— дѣйствуетъ какъ пѣсня или рюмка водки во время работы, но не временно, какъ эти вліянія, и менѣе замѣтно, но дѣйствуетъ непрерывно, изо дня въ день. Тогда увеличенная производительность работы была бы объяснена, и

не дѣйствіемъ мяса, какъ рабочаго матеріала, а дѣйствіемъ его (одного ли изъ его составныхъ частей, или продуктомъ превращеній ея въ тѣлѣ) на нервную систему.

Итакъ, *источникомъ рабочихъ силъ въ мышцѣ служатъ химическія превращенія всѣхъ органическихъ веществъ пищи въ тѣлѣ.*

Въ заключеніе привожу числовыя данныя, сколько нужно взрослому человѣку вещества на покрытіе однихъ тепловыхъ потерь его тѣла, т. е. при полномъ покоѣ послѣдняго (это узнается всего проще на голодающемъ при полномъ покоѣ тѣла) и на покрытіе тратъ при слабой, средней и тяжелой работѣ, т. е. сколько нужно вещества на самую работу и связанныя съ ней усиленныя тепловыя потери.

Расчетъ сдѣланъ для взрослаго мужчины около 70 кило вѣсомъ и въ предположеніи, что изъ всего количества развивающейся въ тѣлѣ энергіи въ работу переходитъ лишь 25% (см. ниже).

При полномъ покоѣ тѣла человѣкъ теряетъ въ сутки такое количество тепла, которое способно согрѣть его тѣло съ 0° на 37,5° Ц., ибо только при этомъ условіи приходъ тепла будетъ равенъ расходу, и температура тѣла будетъ держаться на 37,5° Ц. Въ нашемъ случаѣ мужчина будетъ терять около 2.200 Cal. въ сутки (70×37,5×0,83 теплоемк.); и соотвѣтственно этому въ его тѣлѣ разлагается въ первые дни голода среднимъ числомъ около 72 gr. сухаго мяса или 60 gr. бѣлка и 215 gr. жира[1]), что составляетъ 2.245 Cal.

[1]) На голодающихъ найдено среднимъ числомъ, что они выдѣляютъ изъ тѣла въ среднемъ 11 gr. азота и 200 gr. углерода По азоту высчитываютъ величину разложившагося въ тѣлѣ сухаго мяса: оно содержитъ 15,3% азота; значитъ количество разложившагося сухаго мяса будетъ $11 \times \frac{100}{15,3} = 71,8$ но въ сухомъ мясѣ количество бѣлка 84%; слѣдовательно 11 gr. азота соотвѣтствуетъ 71,8×0,84=60,3 gr. бѣлка. Сухой бѣлокъ содержитъ въ 3,277 разъ больше углерода чѣмъ азота, слѣдовательно на разложившійся бѣлокъ

Для случая слабой работы, пищевой раціонъ и калорійный приходъ приведены нами выше, въ главѣ о теплотѣ (100 gr. бѣлка + 80 gr. жира + 300 gr. углевода = 2.384 Cal.). Здѣсь на покрытіе незначительной работы и незначительнаго же усиленія тепловыхъ потерь противъ (2.200 Cal.) имѣется около 200 Cal.

Средняя 8-часовая работа взрослаго мужчины считается въ 200.000 килограммометровъ, на что требуется 471 Cal.

Тепловой расходъ при покоѣ тѣла равенъ 2.200 Cal.; слѣдовательно, пища съ калорійнымъ содержаніемъ въ 2.200+471 Cal. будетъ недостаточна, ибо тепловой расходъ при работѣ значительно больше, чѣмъ при покоѣ. Поэтому пищу рабочаго, при средней работѣ, считаютъ въ 2.800 Cal. Этой величинѣ можетъ соотвѣтствовать слѣдующій составъ пищи: 110 gr. бѣлка + 80 gr. жира + 400 gr. углевода = 2.835 Cal.

Усиленную работу считаютъ въ 300.000 килограммометровъ, чему соотвѣтствуютъ 706 Cal. На работу + тепловой расходъ при полномъ покоѣ требовалось бы 2.900 Cal. Но этого недостаточно вслѣдствіе усиленныхъ потерь тепла. Значитъ въ калоріяхъ пища должна дать больше 3.000 Cal. Этому соотвѣтствуетъ примѣрно раціонъ: 120 бѣлка + 110 жира + 400 углев. = 3.115 Cal.

Чтобы перейти отъ этихъ чиселъ къ дѣйствительному составу пищи, нужно накинуть на каждую составную часть 8%, потому что изъ потребленной смѣшанной пищи человѣка на количество ея, не всосавшееся изъ кишекъ, считаютъ среднимъ числомъ 8%.

Наипростѣйшій и приблизительно вѣрный расчетъ отъ

изъ выдѣленныхъ 200 gr. углерода приходится 36 gr. углерода; по остатку, 164 gr., высчитывается количество разложившагося жира.—Оно равно $164 \times \frac{100}{76}$ или 215 gr., потому что жиръ животнаго тѣла содержитъ 76% углерода.

сухаго бѣлка на свѣжее мясо даетъ: 1 фунтъ свѣжаго мяса (приблизительно 400 gr.) содержитъ 110 gr. сухаго бѣлка.

Расчетъ углевода на пшеничный хлѣбъ даетъ: половину вѣса потребленнаго хлѣба составляютъ углеводы, значитъ 400 gr. углеводовъ соотвѣтствуютъ приблизительно 2 ф. бѣлаго хлѣба; вмѣстѣ съ этимъ 800 gr. бѣлаго хлѣба содержатъ около 50 gr. сухаго бѣлка.

Послѣдній пунктъ въ ученіи о происхожденіи мышечной силы заключается въ рѣшеніи вопроса, родится ли движеніе изъ химическихъ превращеній прямо, или, какъ въ паровой машинѣ, черезъ посредство тепла.

Къ рѣшенію этого вопроса подходили съ послѣдней стороны, и хотя попытки не дали опредѣленнаго результата, но въ одной изъ нихъ, именно въ изслѣдованіи Гейденгайна, есть факты столь важные, что остановиться на нихъ необходимо.

Представимъ себѣ на минуту, что въ мышцѣ, какъ въ паровой машинѣ, механическая работа родится изъ теплоты, причемъ въ работу переходитъ лишь часть тепла, образующагося въ той и другой машинѣ. Работу мышцы и развивающуюся рядомъ съ нею теплоту мѣрить очень легко [1]; и сумма обоихъ этихъ эффектовъ должна оставаться при одинаковой степени раздраженія нерва (напр. индукціонными ударами равной силы) постоянной, потому что въ мышцѣ химическое превращеніе вызывается, какъ мы знаемъ, возбуждающими толчками изъ нерва и соотвѣтствуетъ (при слабыхъ возбужденіяхъ) по величинѣ силѣ этихъ толчковъ. Это въ опытахъ Гейденгайна и подтвердилось: одинаково сильно нагруженная и одинаково сильно раздражаемая черезъ нервъ мышца поднимаетъ грузъ на

[1]) Для первой нужно знать только величину груза и высоту его поднятія, которая записывается міографически; а теплоту узнаютъ изъ степени согрѣванія сокращающейся мышцы, показываемой термоэлектрическимъ приборомъ, и изъ теплоемкости мышечнаго вещества.

равныя высоты и согрѣвается при этомъ одинаково сильно, пока не устанетъ. Далѣе **Гейденгайнъ** разсуждаетъ такъ: дѣлаю два сравнительныхъ опыта, раздражаю въ обоихъ случаяхъ нервъ одинаково сильно (слѣдовательно въ обоихъ случаяхъ величина химическаго переворота въ мышцѣ будетъ одинакова!), но въ одномъ даю мышцѣ возможность поднять грузъ, т. е. произвести работу, а въ другомъ помогаю ей укоротиться, укрѣпивъ неподвижно рычагъ, съ которымъ она связана и къ которому подвѣшенъ грузъ. Такъ какъ въ послѣднемъ случаѣ работы не будетъ, то часть тепла, идущая въ парномъ опытѣ на работу, остается здѣсь непревращенной. Значитъ, возбужденная, но не могшая сократиться, мышца должна согрѣться сильнѣе, чѣмъ ея парная. Получивъ именно такой результатъ, **Гейденгайнъ** долго думалъ, что вопросъ рѣшенъ имъ положительно; но дальнѣйшія разсужденія показали, что такой выводъ былъ бы поспѣшенъ: возбужденныя мышцы въ сравниваемыхъ опытахъ должны были бы отличаться другъ отъ друга только тѣмъ, что одна работала, а другая нѣтъ, но они отличались еще различной степенью натяженія:—въ работавшей мышцѣ оно соотвѣтствовало ея нагрузкѣ, а въ неработавшей гораздо большему грузу. Значитъ, условія, въ которыхъ находились обѣ мышцы, были неодинаковы; притомъ же дальнѣйшіе опыты показали, что степень согрѣванія мышцъ стоитъ въ прямой зависимости отъ ихъ натяженія. Слѣдовательно, получившійся на неработавшей мышцѣ избытокъ тепла нельзя было разсматривать, какъ часть теплоты, неперешедшую въ работу.

Позднѣе, другой изслѣдователь, **Фикъ**, измѣряя процентъ тепла, переходящій въ мышцѣ въ механическую работу [1]),

---

[1]) Дѣлается это очень просто. На одной и той же мышцѣ дѣлаютъ два опыта: одинъ разъ даютъ ей поднять грузъ извѣстной величины и тотчасъ же растянуться имъ до прежней длины; а другой разъ даютъ только поднять этотъ самый грузъ. Въ первомъ опытѣ мѣряютъ количество тепла, развив-

нашелъ его доходящимъ до 27%. Другими словами, *изъ всего количества освобождающейся въ мышцѣ энергіи болѣе чѣмъ ¼ ея переходитъ въ механическую работу* [1]). Судя же по степени согрѣванія мышцы, наблюдавшейся при этихъ опытахъ, рабочій выходъ энергіи не могъ бы составлять болѣе одного процента, еслибы работа развивалась изъ тепла. Поэтому Фикъ пришелъ къ господствующему теперь въ физіологіи мнѣнію, что *развитіе движенія въ мышцѣ не можетъ быть термодинамическимъ процессомъ* [2]).

Этимъ исчерпывается вся теоретическая сторона мышечной физіологіи—ученіе, въ которомъ мышца разсматривается исключительно съ точки зрѣнія механизма, способнаго укорачиваться съ развитіемъ подъемныхъ силъ, безъ всякаго отношенія ея къ дѣйствительнымъ службамъ въ тѣлѣ. Теперь же мы остановимся на ея служебной дѣятель-

---

шееся въ мышцѣ, и оно выражаетъ все количество освободившейся въ ней энергіи, потому что часть послѣдней, затраченная на работу поднятія груза, вернулась назадъ въ формѣ тепла, когда мышца растянулась. Во второмъ же опытѣ измѣряютъ величину произведенной работы и выражаютъ ее въ тепловыхъ единицахъ. Отношеніе обѣихъ величинъ и даетъ искомый процентъ.

[1]) Въ паровой машинѣ переходитъ въ работу лишь 8% тепла; значитъ въ этомъ отношеніи мышца устроена несравненно совершеннѣе паровой машины.

[2]) Тѣмъ не менѣе въ болѣе новое время Энгельманнъ устроилъ термодинамическую модель мышечнаго сокращенія. Мышца представлена въ ней размоченной въ водѣ скрипичной струной, которая однимъ концомъ укрѣплена неподвижно, а другимъ связана, подобно сокращающейся мышцѣ, съ рычагомъ для показанія ея укороченіи и удлиненія. Струну по всей ея почти длинѣ и въ близкомъ отъ нея растояніи окружаетъ спираль изъ тонкой платиновой проволоки, и вся эта часть струны со спиралью погружена въ широкій сосудъ съ водою. При пропусканіи гальваническаго тока черезъ спираль она согрѣваетъ воду въ окружности струны, и послѣдняя тотчасъ же начинаетъ укорачиваться; когда же токъ прерванъ, происходитъ быстрое удлиненіе. Дѣло въ томъ, что мышца, подобно скрипичной струнѣ и подобно каучуку, при нагрѣваніи укорачивается, а при охлажденіи удлиняется.

ности, имѣя въ виду случаи внѣшней работы, которыя производятся мышцами туловища и конечностей (ходьба, лошадиная тяга, ручныя работы человѣка и пр.).

Во всѣхъ работахъ такого рода двигателемъ или рабочимъ элементомъ является мышечная тяга, дѣйствующая на костный рычагъ; поэтому нужно познакомиться прежде всего съ величиною и свойствами мышечной тяги вообще и съ условіями дѣйствія, въ которыя она поставлена формой связи мышцъ съ костями.

Выше было уже сказано, что подъемная сила мышцъ стоитъ въ прямомъ отношеніи съ ихъ толщиною (поперечнымъ разрѣзомъ) и измѣряется величиною наибольшаго груза, уравновѣшивающаго мышечную тягу. Найденную такимъ образомъ величину относятъ къ опредѣленной величинѣ поперечнаго разрѣза (обыкновенно высчитываютъ на 1 кв. стм.). У лягушки мускулъ толщиной въ 1 кв. стм. былъ бы способенъ поднять грузъ до 3 кило, а у человѣка до 10. Классическій опытъ измѣренія абсолютной силы мышцъ на человѣкѣ принадлежитъ Эд. Веберу и заключается въ слѣдующемъ. Человѣку въ стоячемъ положеніи накладываютъ на плечи все большія и большія тяжести до тѣхъ поръ, пока онъ не въ состояніи наконецъ подняться на цыпочки, т. е. поднять вверхъ тяжесть своего тѣла вмѣстѣ съ грузомъ, при посредствѣ сокращенія обѣихъ икряныхъ мышцъ. При такомъ условіи, вѣсъ тѣла + наложенный на плечи грузъ, дѣйствуя внизъ по направленію стрѣлки m, уравновѣшиваетъ дѣйствіе тягъ обѣихъ икряныхъ мышцъ A, стремящихся отдѣлить пятки отъ земли и дѣйствующихъ вверхъ по направленію стрѣлки n. Когда нога становится на цыпочки, точка c представляетъ точку вращенія одноплечнаго рычага c a; слѣдовательно длина послѣдняго (она можетъ быть измѣрена) есть длина плеча, на которое дѣйствуетъ мышечная тяга; а длина b c (тоже можетъ быть измѣрена) есть длина плеча, на которое дѣйствуетъ вѣсъ

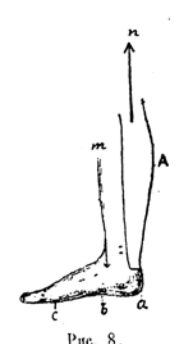


Рис. 8.

тѣла + плечевой грузъ. Если x есть искомая величина тяги, а вѣсъ тѣла съ грузомъ p, то по закону равновѣсія силъ на рычагахъ будетъ x . ac = p . bc.

У человѣка разгибатели туловища и нижнихъ конечностей суть самыя сильныя мышцы тѣла, и соотвѣтственно этому самыя тяжелыя работы (подниманіе съ земли и носка на спинѣ большихъ тяжестей, бурлацкая тяга и пр.) производятся ими. Такъ, ухватываемая руками съ земли тяжесть поднимается не мышцами рукъ, а разгибателями тѣла въ тазобедренныхъ суставахъ и разгибателями спины. При носкѣ большихъ тяжестей, ихъ кладутъ на спину такимъ образомъ, что онѣ постоянно стремятся нагнуть туловище въ тазобедренномъ суставѣ впередъ; значитъ, грузъ несутъ разгибатели спины и сѣдалищныя мышцы. Наконецъ, при тягѣ передвиженіе грузовъ совершается выпрямленіемъ упирающихся въ землю въ согнутомъ положеніи ногъ.

Не нужно однако думать, что maximum работы соотвѣтствуетъ наиболѣе напряженной дѣятельности мышцъ—онъ получается, когда мышцы работаютъ среднею силою. Это вытекаетъ изъ того, что работа измѣряется произведеніемъ изъ величины груза на высоту его поднятія, а послѣдняя, по мѣрѣ усиленія отягощенія мышцы, становится все меньше и меньше и превращается наконецъ при нагрузкѣ, уравновѣшивающей maximum мышечной тяги, въ нуль. Значитъ, работа мышцы равна нулю какъ при поднятіи нулеваго груза, такъ и при отягощеніи ея непосильной тяжестью; другими словами, maximum работы лежитъ посрединѣ между обѣими крайностями.

Такъ какъ работы совершаются въ огромномъ большинствѣ случаевъ періодическими сокращеніями мышцъ

(напр. косьба, распиливаніе бревенъ, верченіе колеса и пр.), то, понятно, что производительность работы должна стоять, при прочихъ равныхъ условіяхъ, въ прямомъ отношеніи съ темпомъ рабочихъ движеній [1]). Однако параллельность эта продолжается лишь до извѣстнаго предѣла, потому что, чѣмъ чаще становится темпъ, тѣмъ быстрѣе наступаетъ утомленіе, дѣйствующее на производительность работы въ обратномъ направленіи. Объясняется это тѣмъ, что при всякой работѣ каждая изъ работающихъ мышцъ въ отдѣльности то сокращается, то отдыхаетъ (во время растяженія); слѣдовательно, съ учащеніемъ движеній промежутки отдыха становятся все короче и короче. Нагляднымъ примѣромъ можетъ служить періодическая дѣятельность сердечныхъ и дыхательныхъ мышцъ. Пока тѣло находится въ покоѣ, тѣ и другія работаютъ со свойственнымъ имъ умѣреннымъ темпомъ (для желудочковъ сердца продолжительность каждаго сокращенія относится къ продолжительности промежуточнаго отдыха какъ 3 : 5, а для дыхательныхъ мышцъ это отношеніе, какъ $1 : 3^{9}/_{14}$) и не устаютъ; когда же имъ случается работать усиленно, то вслѣдъ за этимъ онѣ работаютъ слабѣе нормальнаго. Нѣтъ сомнѣнія, что для всякой парной группы мышцъ, работающихъ попеременно (напр. сгибателей и разгибателей) существуетъ опредѣленный темпъ, при которомъ получается возможный maximum работы, длящейся часъ. Стоитъ сравнить напримѣръ бы-

[1]) Для рабочаго скота, именно для лошади и вола, это отношеніе выражается слѣдующими числами. *Лошадиную силу* считаютъ равной 75 килограммометровъ въ 1″, что означаетъ, что лошадь средней силы (въ упряжи) перемѣщаетъ грузъ въ 60 кило со скоростью 1,25 метра въ секунду. Соотвѣтственную величину для не менѣе сильнаго вола считаютъ всего въ 48 килограммометровъ, потому что онъ передвигаетъ 60 кило со скоростью всего 0,8 метра въ секунду. Соотвѣтственно этому 8-часовую работу лошади считаютъ въ 2.100.000 кгрм., а работу вола въ 1.400.000 кгрм. Силу человѣка считаютъ равной $^{1}/_{7}$ лошадиной силы.

строту пальцевъ у пьяниста съ возможно частымъ сгибаніемъ и разгибаніемъ ноги въ колѣнѣ или спины. Не можетъ быть сомнѣнія и въ томъ, что такъ называемая сноровка, пріобрѣтаемая упражненіемъ, заключается отчасти въ умѣньи попадать въ настоящій темпъ рабочихъ движеній даннаго вида.

Далѣе, въ рабочую дѣятельность мышцъ замѣшивается— и очень разнообразно—ихъ растяжимость. Начать съ того, что безъ нея, безъ этой растяжимости, движенія нашего тѣла были бы вообще невозможны. Такъ, сгибаніе руки или ноги въ любомъ изъ сочлененій возможно лишь настолько, насколько ему не препятствуетъ неизбѣжное растяженіе соотвѣтствующаго антагониста, т. е. разгибателя. Ей же, этой растяжимости, мы обязаны плавностью, рессорностью нашихъ движеній: при быстротѣ укороченія мышцъ, тяги ихъ имѣли бы рвущій характеръ, если бы сокращающаяся мышца была нерастяжима. Однако рядомъ съ этимъ выгоднымъ дѣйствіемъ на характеръ тяги, растяжимость мышечныхъ тяжей должна, очевидно, ослаблять силу тяги. Представимъ себѣ, въ самомъ дѣлѣ, что вертикально подвѣшенная мышца связана одинъ разъ съ грузомъ нерастяжимой нитью, а другой разъ тонкимъ каучуковымъ шнуркомъ. При одинаковой величинѣ укороченія мышцъ, грузъ поднимется, очевидно, въ первомъ случаѣ выше чѣмъ во второмъ, потому что во все время поднятія грузъ будетъ растягивать шнурокъ. Не менѣе ясно и то, что, при сокращеніи всякой мышцы, сила ея тяги ослабляется еще эластическимъ противодѣйствіемъ растягивающагося антагониста. Невыгоды эти отступаютъ впрочемъ на задній планъ, сравнительно съ вышеприведенными выгодами, если принять во вниманіе, какъ велика сила мышцъ въ сравненіи съ передвигаемыми ими обыкновенно грузами.

Что касается наконецъ до формы связей мышцъ съ ко-

стями, или тягъ съ рычагами, то она опредѣляется въ разныхъ мѣстахъ человѣческаго тѣла слѣдующими условіями:

тамъ, гдѣ тяги слабы или имѣютъ производить небольшія перемѣщенія частей, или наконецъ преодолѣваютъ большія сопротивленія, форма связи должна быть выгодна для дѣйствія силы:—тутъ тяги дѣйствуютъ на рычаги подъ углами, болѣе или менѣе приближающимися къ прямому, или прикладываются къ рычагамъ вдали отъ ихъ точекъ вращенія;

тамъ же, гдѣ требуется значительное по величинѣ и быстротѣ перемѣщеніе частей, и тяги сильны, они могутъ дѣйствовать на рычаги подъ болѣе или менѣе острыми углами и прикрѣпляться къ нимъ вблизи ихъ точекъ вращенія.

Первый типъ выраженъ болѣе или менѣе рѣзко на всѣхъ почти двигателяхъ груднаго ящика (реберъ): mm. scaleni, intercostales, quadrati lumborum, m. pector. major, sterno-cleido-mastoid., longiss. dorsi, mm. serrati и пр., также на жевательныхъ мышцахъ.

По второму типу устроена связь мышцъ съ костями въ конечностяхъ и выражена особенно рѣзко на сгибателяхъ и разгибателяхъ ихъ, производящихъ наиболѣе обширныя движенія. Устройство это столь поучительно, что на немъ нельзя не остановиться.

Стоитъ взглянуть на сухую ногу лошади, борзой собаки и всѣхъ вообще быстрыхъ бѣгуновъ, чтобы понять три главныя выгоды упомянутаго способа соединенія мышцы съ костями въ конечностяхъ: легкость рычаговъ, обширность и быстроту ихъ перемѣщенія. Легкость зависитъ оттого, что наиболѣе обширныя движенія переднихъ и заднихъ ногъ производятся дѣйствіемъ мышцъ, связывающихъ конечности съ туловищемъ, а мышцы эти, несмотря на массивность, настолько коротки, что кажутся принад-

лежащими скорѣе туловищу, чѣмъ рукамъ и ногамъ. Обширность и быстрота движеній зависитъ отъ тѣхъ же мышцъ, именно оттого, что онѣ прикрѣпляются къ костямъ (бедренной и плечевой) вблизи ихъ верхнихъ суставовъ и дѣйствуютъ, слѣдовательно, на короткое плечо рычага (т. е. всей конечности). Сильно укорачиваться имъ не нужно, потому что даже незначительному перемѣщенію ихъ точки прикрѣпленія къ кости будетъ соотвѣтствовать обширное и быстрое перемѣщеніе свободнаго конца рычага. Такъ, если напр. точка прикрѣпленія удалена отъ точки вращенія на 8 стм. и описываетъ при сокращеніи мышцы путь длиною съ 5 стм., со скоростью 10 стм. въ 1″, а длина всей конечности равна 80 стм., то конецъ ея опишетъ въ тоже самое время путь въ 10 разъ большій, слѣдовательно и со скоростью въ 10 разъ большею,—50 стм. въ 0,5″. Отсюда уже само собою слѣдуетъ, что при этомъ значительно сберегается сила возбуждающихъ нервныхъ толчковъ и значительно уменьшается вредное для тяги эластическое сопротивленіе антагонистовъ: послѣднимъ не приходится сильно растягиваться, потому что и они прикрѣпляются къ кости вблизи того же сочлененія. Описанный способъ прикрѣпленія тягъ къ рычагамъ имѣетъ одно только неудобство—онъ крайне невыгоденъ для дѣйствія силы; но если принять во вниманіе значительную силу мышцъ, въ сравненіи съ величиною передвигаемыхъ ими грузовъ, то это неудобство отступаетъ на задній планъ.

Изъ сочетанныхъ (сложныхъ) движеній у человѣка мы разсмотримъ только ходьбу, голосъ и рѣчь.

Ходьба.

Когда человѣкъ идетъ по ровному мѣсту, не спѣша и не думая о своей походкѣ, то ходьба его представляетъ замѣчательно правильное періодическое чередованіе движеній обѣихъ ногъ: все, что продѣлываетъ пра-

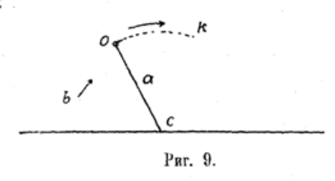
вая нога въ теченіе первой половины періода, дѣлаетъ съ тѣми-же скоростями въ послѣдующую половину лѣвая. Поэтому для описанія ходьбы достаточно описать одновременную дѣятельность обѣихъ ногъ въ теченіе одного шага. Для того же, чтобы былъ понятенъ смыслъ каждаго отдѣльнаго момента этой дѣятельности, необходимо выяснить себѣ съ самаго начала, какъ перемѣщается при ходьбѣ все тѣло въ пространствѣ, разумѣя наипростѣйшій случай передвиженія по совершенно ровной мѣстности (въ горизонтальной плоскости). Съ этой цѣлью, вмѣсто всего тѣла мы будемъ разсматривать перемѣщеніе въ пространствѣ одной его точки, именно его центра тяжести, который лежитъ нѣсколько выше тазобедренныхъ суставовъ въ вертикальной плоскости, дѣлящей тѣло на лѣвую и правую половины (ее называютъ сагиттальною плоскостью тѣла).

Ходьба имѣла бы наиболѣе совершенный характеръ еслибы центръ тяжести тѣла передвигался съ равномѣрной скоростью въ прямой, параллельной горизонту. Но этого ни у кого не бываетъ [1]): центръ тяжести описываетъ при ходьбѣ зигзаги, уклоняясь то вправо, то влѣво. Въ случаяхъ, когда эти передвиженія выражены рѣзко, походка получаетъ развалистый характеръ. Происходятъ они оттого, что во время ходьбы бываетъ промежутокъ времени, когда тѣло опирается на землю одной только ногой, а другая въ это самое время, отдѣлившись отъ земли, перекачивается (не касаясь пола) сзади напередъ. При этомъ центръ тяжести долженъ, очевидно, выходить изъ сагиттальной плоскости тѣла и перемѣщаться въ сторону опоры,

---

[1]) Если въ поясъ, опоясывающій талію, ввязать легкую спицу такимъ образомъ, чтобы она выступала изъ стѣнки живота прямо впередъ, то при ходьбѣ тотчасъ видно, что свободный конецъ ея перемѣщается то вправо, то влѣво и двигается неравномѣрно, а съ періодическими ускореніями, соотвѣтствующими толканію тѣла впередъ тою ногой, которая находится сзади и отслаивается отъ земли.

иначе тѣло могло бы упасть на сторону отдѣлившейся отъ земли ноги. Одновременно съ зигзагами вправо и влѣво центръ тяжести то повышается, то понижается надъ горизонтомъ; и если эти колебанія мало замѣтны, то походку называютъ плавной; а про людей съ рѣзкими колебаніями говорятъ, что они ходятъ въ припрыжку. Происходятъ эти колебанія слѣдующимъ образомъ (см. приложенную схему): въ моментъ, когда передняя, наприм. правая, нога *a* ставится на землю, спередивъ нѣсколько центръ тяжести тѣла O, задняя, отдѣлившись отъ земли, сообщила тѣлу толчекъ (стрѣлка b) снизу сзади и снаружи (отъ сагиттальной плоскости) вверхъ впередъ и кнутри (къ сагиттальной плоскости); тогда опирающаяся на землю нога представляетъ радіусъ, вращающійся около точки c, и центръ тяжести описываетъ дугу ok. При этомъ онъ сначала поднимается, а потомъ, залетѣвъ за точку опоры (c), начинаетъ опускаться (примѣрно до точки k); но въ этотъ моментъ задняя (лѣвая) нога уже успѣла перекачнуться впередъ и встать впереди точки k. Поэтому паденіе центра тяжести впередъ и внизъ (слѣдовательно и всего тѣла) прекращается, и точка k начинаетъ подниматься вверхъ, потому что теперь правая задняя нога продѣлываетъ тоже, что дѣлала лѣвая.



Риг. 9.

Соотвѣтственно описанному ряду явленій дѣятельность ногъ сводится на слѣдующее:

1) сообщеніе центру тяжести толчковъ впередъ,
2) перенесеніе его справа налѣво и наоборотъ,
3) переведеніе ноги сзади напередъ и
4) ставленіе ея на землю.

При дальнѣйшемъ описаніи нужно постоянно держать

въ головѣ, что разъ движеніе началось, оно продолжается такъ сказать, само собою (по инерціи) и поддерживается лишь временными слабыми толчками, подобно тому, какъ временные слабые толчки поддерживаютъ напримѣръ вращеніе тяжелаго колеса, разъ оно развертѣлось.

Толчки тѣлу сообщаетъ задняя нога во время отслаиванія отъ земли ея подошвы. Такъ какъ при ходьбѣ (также и при стояніи) нога ставится на землю носкомъ наружу, а отслаиваніе сопровождается выпрямленіемъ конечности въ колѣнѣ и голенно-стопномъ суставѣ, то толчекъ сообщается центру тяжести по линіи, перпендикулярной къ продольной оси стопы, т. е. снизу сзади и снаружи вверхъ впередъ и кнутри. Ясно, что толчекъ этотъ не только двигаетъ тѣло впередъ, но и производитъ перемѣщеніе его центра тяжести то справа налѣво, то наоборотъ—въ сторону ноги, ставшей на землю. Дѣйствіе толчка впередъ выражается незначительными ускореніями непрерывно двигающагося впередъ центра тяжести [1]).

Вслѣдъ за отслаиваніемъ подошвы, задняя нога сгибается въ колѣнѣ, тазобедренномъ и голенно-стопномъ сочлененіи, отдѣляется отъ пола и перекачивается дѣйствіемъ тяжести сзади напередъ, какъ маятникъ, подвѣшенный въ тазобедренномъ суставѣ. Стало быть перенесеніе ноги сзади напередъ совершается безъ всякаго участія мышцъ. Но когда перекачнувшаяся нога залетѣла впередъ за центръ тяжести тѣла, она ставится на землю дѣйствіемъ мышцъ, распрямляющихъ ногу во всѣхъ трехъ сочлененіяхъ. Выпрямленіе это продолжается и во время отслаиванія отъ земли подошвы.

Вмѣсто того, чтобы описывать теперь, что продѣлываетъ въ это самое время передняя нога, привожу графическую схему параллельнаго во времени дѣйствія обѣихъ ногъ.

---

[1]) Оно ясно замѣтно на концѣ спицы, ввязанной въ поясѣ.

Прямыя линіи ab обозначаютъ фазу стоянія каждой ноги на землѣ. Она слагается изъ момента ставленія ноги на полъ и времени отслаиванія подошвы. Фазы маятникообразнаго перекачиванія ноги сзади напередъ короче фазъ стоянія и изображены кривыми линіями bc. Изъ схемы не-

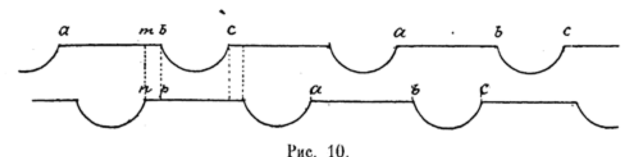


Рис. 10.

посредственно видно, что при ходьбѣ въ теченіи каждаго шага существуетъ маленькій промежутокъ времени—онъ соотвѣтствуетъ участкамъ mb и np,—когда обѣ ноги стоятъ на землѣ. Для задней ноги этотъ промежутокъ соотвѣтствуетъ концу отслаиванія подошвы, а для передней началу ставленія ноги на землю. Чѣмъ походка быстрѣе, тѣмъ эти промежутки дѣлаются все короче и наконецъ совсѣмъ уничтожаются, когда скорая ходьба переходитъ въ бѣгъ—тогда, наоборотъ, существуютъ маленькіе промежутки времени, въ теченіе которыхъ тѣло виситъ въ воздухѣ, не

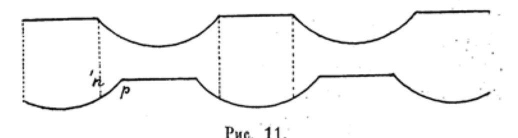


Рис. 11.

касаясь земли. Происходитъ это оттого (см. схему), что тогда фазы стоянія ноги на землѣ короче фазъ перекачиванія ногъ сзади напередъ. Ясно, что при этомъ участки np соотвѣтствуютъ времени, когда тѣло виситъ въ воздухѣ.

Голосъ.

У людей, умѣющихъ пѣть, голосовой аппаратъ принадлежитъ къ самымъ совершеннымъ музыкальнымъ снарядамъ, потому что совмѣщаетъ въ себѣ всѣ лучшія стороны духовыхъ и смычковыхъ инструментовъ—мягкость, чистоту и протяжность звуковъ съ легкостью модуляцій и крайней постепенностью переходовъ изъ одного тона въ другой. Объясняется это, конечно, своеобразнымъ устройствомъ голосоваго аппарата, которое можно опредѣлить такъ: это есть духовой, и именно язычковый, инструментъ съ приспособленіями, видоизмѣняющими тоны язычка путемъ измѣненій его размѣровъ и натяженія.

Приводится онъ въ дѣйствіе, какъ органная трубка, токомъ воздуха; причемъ (наполненное воздухомъ) легкое и сдавливающая его при выдыханіи стѣнка грудной клѣтки играютъ роль мѣха, надувающаго гортань, гдѣ лежитъ язычковый снарядъ.

Послѣдній представленъ не одной пластинкой, какъ въ кларнетѣ, а двумя упругими перепончатыми пластинками, сближающимися между собою при фонаціи настолько, что между ихъ свободными краями образуется продольная линейная щель, черезъ которую періодически вырывается при звучаніи воздухъ. Пластинки эти называютъ *голосовыми связками* [1]). Дальнѣйшія особенности голосоваго аппарата составляютъ тѣ подробности въ устройствѣ гортани, при посредствѣ которыхъ голосовыя связки удлиняются и укорачиваются, натягиваются и ослабѣваютъ, расходятся и сближаются. Наконецъ, къ голосовому аппарату причисляютъ, какъ надставную трубку, всѣ полости, лежащія надъ гортанью, т. е. полость зѣва, рта и носа.

---

[1]) Надъ ними лежатъ двѣ другія складки, называемыя ложными голосовыми связками. Въ образованіи звуковъ онѣ не играютъ роли, поэтому объ нихъ рѣчи не будетъ.

Впрочемъ эта часть, имѣющая огромное значеніе въ дѣлѣ артикуляціи звуковъ, играетъ въ явленіяхъ голоса второстепенную роль.

Изъ этого бѣглаго перечня составныхъ частей голосоваго снаряда читатель видитъ, что самую существенную часть его составляетъ гортань. Ею мы и займемся, описавъ сначала механизмъ образованія въ ней звуковъ.

Когда голосовыя связки сближены между собою, воздуху, выталкиваемому изъ легкаго, путь наружу идетъ только черезъ образовавшуюся между ними щель. Встрѣтивъ здѣсь препятствіе, воздухъ сгущается, напоръ его становится все сильнѣе и сильнѣе, и пластинки наконецъ уступаютъ—щель открывается, и излишекъ воздуха выходитъ вонъ. Но тогда напоръ ослабѣваетъ, выведенныя изъ равновѣсія пластинки возвращаются въ прежнее положеніе, и опять начинается сгущеніе воздуха съ его уже описаннымъ послѣдствіемъ. Если этотъ рядъ явленій повторяется съ частотою болѣе 16 разъ въ секунду, то происходитъ звукъ. Но для этого необходимо, чтобы пластинки были натянуты, чтобы они представляли извѣстное сопротивленіе напирающему на нихъ воздуху, иначе возвращеніе ихъ назадъ, т. е. вибрація, была бы невозможна. Понятно далѣе, что, чѣмъ шире, при данномъ натяженіи связокъ, отверстіе голосовой щели, тѣмъ сильнѣе долженъ быть токъ вдуваемаго въ гортань воздуха, чтобы могло произойти попеременно то сгущеніе, то разрѣженіе его.

Итакъ, основныхъ условій для происхожденія звуковъ въ гортани два: извѣстная сближенность голосовыхъ связокъ (всегда ли до полнаго соприкосновенія?) и натянутость ихъ.

То и другое достигается слѣдующимъ устройствомъ этого органа (см. три приложенные полусхематическіе рисунка гортани въ профиль (I), сзади (II) и въ поперечномъ разрѣзѣ (III).

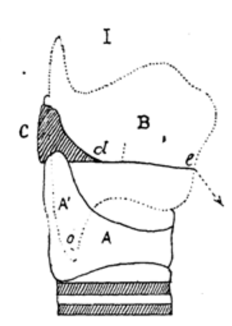


Схема гортани въ профиль. Перстневидный хрящъ (A) обведенъ сплошной линіей; щитовидный (B) пунктированной; черпаловидный (C) заштрихованъ.

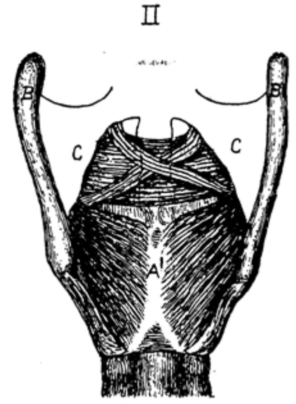


Схема гортани сзади. A печать перстневиднаго хряща; C и C сочлененные съ нею черпаловидные хрящи; сближающія ихъ мышцы, поперечныя и перекрестныя, обозначены соотвѣтственнымъ штрихомъ.

Схема гортани въ поперечномъ разрѣзѣ. A перстневидный хрящъ; CC черпаловидные; DD голосовыя связки.

Гортань представляетъ конусообразно расширенный конецъ дыхательнаго горла съ подвижными отчасти стѣнками.

Неподвижное основаніе ея и большую, тоже неподвижную, часть ея задней стѣнки составляетъ кольцевидный хрящъ (A, рисунокъ I), расширенный сзади въ широкую пластинку (A', въ рис. I и II), напоминающую печать перстня (отчего хрящъ называется перстневиднымъ).

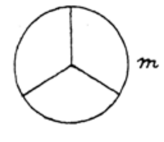
Подвижную же часть задней стѣнки гортани представляетъ сидящая на печати перстня A' пара черпаловидныхъ хрящей (C, C, C во всѣхъ рисункахъ), съ мышцами въ два слоя (однѣ идутъ поперечно, другія накрестъ, рис. II), выполняющими промежутокъ между ними. Хрящи эти, имѣющіе форму трехгранныхъ пирамидъ, сочленены съ печатью такимъ образомъ, что могутъ сближаться до взаимнаго соприкосновенія и расходиться (они представлены въ фиг. II и III расходящимися), наклоняться впередъ и назадъ и вращаться около продольныхъ осей. Всѣ эти движенія производятся, конечно, мыщами, и эффекты ихъ сокращенія будутъ показаны ниже.

Передняя и боковыя стѣнки гортани подвижны цѣликомъ, потому что ихъ образуетъ одинъ хрящъ (B, B, B во всѣхъ рисункахъ), называемый щитовиднымъ. Фигура его въ профиль и въ разрѣзѣ видна изъ рис. I и III. Онъ сочлененъ съ перстневиднымъ хрящемъ въ точкахъ oo по бокамъ послѣдняго такимъ образомъ, что можетъ наклоняться впередъ и внизъ, по направленію стрѣлки, идущей изъ e (рис. I). Теперь вообразимъ себѣ черпаловидные хрящи сближенными до взаимнаго соприкосновенія ихъ внутреннихъ поверхностей, а все свободное пространство между ними и внутреннимъ обводомъ щитовиднаго хряща, т. е. весь внутренній просвѣтъ гортани, затянутымъ перепонкой, разрѣзанной спереди назадъ пополамъ; и мы будемъ имѣть передъ собою голосовыя связки, сближенныя внутренними краями до взаимнаго соприкосновенія (на рис. III они представлены раздвинутыми и обозначены буквами DD).

Перепонки эти, выстроенныя изъ эластической и мышечной ткани (свободные внутренніе края изъ одной эластической), слѣдуетъ считать кромѣ того прикрѣпленными ко всему внутреннему обводу щитовиднаго хряща своей стороны и къ наружной поверхности черпаловидныхъ хрящей, почти на уровнѣ ихъ основаній (на рис. I голосовую

связку въ профиль представляетъ линія de). Если къ этому прибавить, что при покойномъ состояніи всѣхъ мышцъ гортани голосовая щель раздвинута, какъ на рис. III (и называется тогда дыхательной щелью); то уже легко понять какъ голосовыя связки сближаются и натягиваются.

Въ сближеніи играютъ роль мышцы, расположенныя поперечно и перекрестно между черпаловидными хрящами (рис. II) и тѣ волокна мышцы, вотканной въ голосовую связку (именно мышцы щито-черпаловидной), которыя поварачиваютъ черпаловидные хрящи около ихъ продольныхъ осей снаружи внутрь [1]) Когда волокна эти дѣйствуютъ въ одиночку, то при ихъ сокращеніи дыхательная щель принимаетъ, вслѣдствіе сближенія (см. рис. III) переднихъ угловъ основаній хрящей С и С форму, изображенную на рис. m, когда же дѣйствуютъ одновременно обѣ упомянутыя системы мышцъ, то дыхательная щель превращается въ голосовую, въ формѣ, изображенной на рис. n



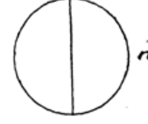


Рис. 1 .

Дѣйствіе мышцъ, натягивающихъ голосовыя связки, всего легче понять изъ фиг. I, если представить себѣ голосовую связку въ видѣ струны de, выстроенной изъ вещества, способнаго укорачиваться. Тогда натяженіе струны возможно на два лада: безъ удлиненія— сокращеніемъ ея вещества, и съ удлиненіемъ. Въ дѣйствительности происходитъ то и другое разомъ: сильно, сравнительно грубо и съ удлиненіемъ связки натягиваются мышцами, наклоняю-

---

[1]) Повертываніе хрящей С снаружи внутрь производятъ также мышцы, родящіяся отъ внутренней поверхности перстневидныхъ хрящей и направляющіяся вверхъ и назадъ къ наружнымъ угламъ основаній черпаловидныхъ хрящей (mm. crico-arytaenoidei laterales).

щими щитовидный хрящъ впередъ и внизъ (онѣ расположены по бокамъ гортани въ промежуткѣ между перстневиднымъ и щитовиднымъ хрящемъ);—слабо, тонко и безъ удлиненія волокнами мышцъ, вотканной въ самую связку (щито-черпаловидной). Понятно однако, что для натяженія съ удлиненіемъ необходимо (см. фиг. I). чтобы точка d струны оставалась неподвижной; значитъ, когда хрящъ B наклоняется впередъ, хрящи CC должны быть или укрѣплены мышечными тягами неподвижно, или даже оттягиваться ими назадъ. Такимъ именно образомъ дѣйствуютъ мышцы, родящіяся отъ задней поверхности печати перстня (A′, фиг. II) и прикрѣпляющіяся къ черпаловиднымъ хрящамъ CC.

Словомъ, если представить себѣ на минуту внутренніе края голосовыхъ связокъ въ видѣ струнъ, то хрящи CC и переднія точки ихъ прикрѣпленія въ углѣ щитовидныхъ хрящей можно уподобить колкамъ, изъ которыхъ переднiе способны натягивать струны съ удлиненіемъ, а задніе сближать ихъ между собою.

Сравненіе голосовыхъ связокъ со струнами сдѣлано здѣсь для ясности; но опыты надъ мертвой гортанью человѣка, сдѣланные знаменитымъ **Іог. Мюллеромъ**, показали, что и въ дѣлѣ произведенія тоновъ разной высоты онѣ дѣйствуютъ, какъ струны, т. е. подчиняются одинаковому съ ними закону. Онъ нашелъ именно, что искуственнымъ натяженіемъ связокъ, однимъ только наклоненіемъ впередъ щитовиднаго хряща можно повысить голосъ на 2½ октавы, причемъ оказалось, что высоты тоновъ (измѣряемыя числомъ колебаній) относятся (приблизительно), какъ корни квадратные изъ растягивающихъ связки грузовъ [1]).

---

[1]) Вчетверо большій грузъ повышаетъ, слѣдовательно, тонъ на одну октаву а въ 16 разъ большій—на 2 октавы.

Если принять во вниманіе, что у каждаго человѣка объемъ его груднаго голоса рѣдко превышаетъ 2 октавы, то изъ опытовъ І. Мюллера слѣдуетъ, что

У всякаго человѣка весь регистръ его груднаго голоса (т. е. объемъ отъ самыхъ низкихъ до самыхъ высокихъ грудныхъ нотъ) *опредѣляется исключительно различнымъ натягиваніемъ голосовыхъ связокъ.*

Съ другой стороны давно извѣстно, что разницѣ голоса у мужчины и женщины по высотѣ соотвѣтствуетъ рѣзкая разница въ размѣрахъ ихъ гортаней: у мужчины связки длиннѣе, чѣмъ у женщинъ и дѣтей. Значитъ, и въ этомъ отношеніи сказывается сходство голосовыхъ связокъ со струнами.

Что же касается до тѣхъ сторонъ человѣческаго голоса, которыми онъ соперничаетъ съ музыкальными инструментами, и которыя мы опредѣляемъ словами подвижность или легкость, постепенность переходовъ отъ piano къ forte и изъ одного тона въ другой—то все это объясняется тождествомъ орудій, которыми приводятся въ движеніе голосовой и всѣ вообще музыкальные инструменты. То, что дѣлаютъ у музыканта мышцы рукъ, то дѣлаютъ у пѣвца мышцы гортани; у органиста мѣхомъ управляютъ мускулатура ногъ, а у пѣвца мышцы грудной клѣтки.

Значеніе надставной трубки въ явленіяхъ собственно голоса второстепенное: отъ ея формы зависитъ до извѣстной степени только тембръ гортанныхъ звуковъ, какъ это видно на людахъ съ гнусливымъ голосомъ: такой характеръ звуки получаютъ при сильномъ созвучаніи воздуха въ носовой полости.

Послѣдній пунктъ, подлежащій объясненію,—это разница между груднымъ голосомъ и фальцетомъ. Объясняютъ ее тѣмъ, что при грудныхъ нотахъ вибрируетъ вся поверхность голосовыхъ связокъ, при линейно замкнутой голосовой щели, и соотвѣтственно этому сильно созвучитъ

воздухъ въ полости легкаго; тогда какъ при фальцетныхъ нотахъ вибрируютъ лишь сильно натянутые внутренніе края связокъ и при неполномъ закрытіи голосовой щели; оттого резонансъ въ груди почти отсутствуетъ.

Рѣчь.

Когда человѣкъ говоритъ, легко замѣтить, что при этомъ непрерывно выходитъ воздухъ изо рта и временами изъ носа; слѣдовательно, въ рѣчь артикулируется токъ выдыхаемаго воздуха. Изъ того уже, что можно говорить шопотомъ, явно слѣдуетъ, что артикулируются шумы выдыхаемаго воздуха безъ всякаго участія гортани, какъ звучащаго органа. Съ другой стороны, кто же не знаетъ, что во время рѣчи происходитъ безпрерывно открываніе и закрываніе рта, т. е. смыканіе и размыканіе челюстей, движеніе языка, губъ и пр. Значитъ, мѣстомъ такой артикуляціи служатъ надгортанныя полости, и дѣятелями являются мышцы, измѣняющія относительное положеніе составныхъ частей этихъ полостей. Извѣстно наконецъ изъ самыхъ простыхъ наблюденій, что измѣненія эти одинаковы, говоритъ ли человѣкъ громко или шопотомъ; слѣдовательно, когда къ рѣчевымъ движеніямъ надставной трубки присоединяется звучаніе гортани, безгласная рѣчь превращается въ громкую.

Однако происходящее при этомъ присоединеніе гортанныхъ звуковъ къ шумамъ надставной трубки не для всѣхъ элементовъ рѣчи (или буквъ азбуки) одинаково: одни изъ шумовъ, соотвѣтствующихъ согласнымъ буквамъ, остаются и въ громкой рѣчи безъ всякаго измѣненія (напр. ф, ш, с, р) т. е. не сливаются съ гортанными звуками, другіе (напр. м, б, в, г) при звучаніи слышатся явственнѣе, но сохраняютъ характеръ шумовъ; и только шумы гласныхъ буквъ, какъ это доказано блистательными опытами великаго Гельмгольтца не просто присоединяются къ звукамъ гортани, а

сливаются съ ними въ звуковое цѣлое. На этомъ основаніи „гласныя“ и въ физіологіи, т. е. со стороны ихъ происхожденія, образуютъ отдѣльную родственную группу. Съ нея мы и начнемъ наше описаніе.

Знаменитый голландскій физіологъ **Дондерсъ** первый установилъ связь между акустическимъ характеромъ гласныхъ шумовъ (т. е. гласныхъ буквъ, произносимыхъ шопотомъ) и формой полости рта. Онъ нашелъ во первыхъ, что если произносить шопотомъ въ написанномъ порядкѣ гласныя

у о а е и,

то явственно слышимая въ нихъ высота тона повышается отъ у къ и; притомъ характерная для каждой гласной высота остается одинаковой у мужчины, женщины и даже у дѣтей [1]).

Съ другой стороны онъ показалъ, что полость рта, поставленная на произношеніе той или другой гласной, настроена именно на тотъ тонъ, высота котораго характеризуетъ соотвѣтственную гласную.

Узнается это всего проще такъ: нужно ставить ротъ поочередно на произношеніе у, о, а, е, и, и, не произнося ихъ, перкутировать полость рта щелчками въ щеку. Въ звукахъ щелчковъ явственно слышится этотъ же рядъ гласныхъ съ повышеніемъ тона.

Изъ этихъ опытовъ прямо слѣдовало, что *гласный шумъ со всѣми его слышимыми характерами есть ничто иное, какъ колебаніе воздуха въ поставленной извѣстнымъ образомъ, при помощи мышцъ, полости рта.*

Съ другой стороны въ опытахъ **Дондерса** уже содержались задатки акустической теоріи гласныхъ, развитой столь блистательно **Гельмгольтцомъ**.

---

[1]) Разницу высоты тоновъ въ *у* и *и* чувствуютъ даже дѣти, когда они изображаютъ ревъ большого звѣря звуками «уу» и вытягиваютъ при этомъ губы сильно впередъ; а пѣнію маленкой птички подражаютъ звуками «пи пи».

При произношеніи *у* и *о* полость рта имѣетъ форму бутыли безъ горла, нѣсколько большей величины и съ меньшимъ отверстіемъ (т. е. сильнѣе выпяченными впередъ губами и меньшимъ отверстіемъ между ними) для *у*.

При переходѣ отъ нихъ къ *а* губы оттягиваются еще болѣе кзади, ротъ широко раскрывается и подъязычная кость поднимается немного кверху.

Когда же произносятся буквы *е*, *и*, то губы и отверстость рта остаются, какъ при *а*; но происходитъ рѣзкое уменьшеніе, именно уплощеніе полости рта сверху внизъ поднятіемъ подъязычной кости и выпукленіемъ средней части языка [1]). Измѣненіе это выражено всего сильнѣе при произношеніи *и*.

Подробное изученіе рѣчевыхъ движеній въ надставной трубкѣ получило важное практическое значеніе: благодаря ему теперь выучиваютъ говорить глухо-нѣмыхъ; но оно ничего не даетъ для физическаго строенія гласныхъ звуковъ. Это сдѣлала акустическая теорія Гельмгольтца.

Въ основаніи ея лежитъ тройной рядъ изслѣдованій:

опредѣленіе точными пріемами господствующихъ тоновъ полости рта, поставленной на произношеніе разныхъ гласныхъ;

анализъ гласныхъ звуковъ или разложеніе ихъ на простые тоны, при помощи имъ же устроенныхъ резонаторовъ; и

синтезъ гласныхъ звуковъ или воспроизведеніе ихъ, путемъ сочетанія простыхъ тоновъ разной высоты и силы.

Тоны поставленной на ту или другую гласную полости

---

[1]) Поднятіе подъязычной кости узнается очень легко изъ подтягиванія ею кверху гортани, если приложить къ послѣдней палецъ; выпукленіе же языка узнается введеніемъ пальца въ ротъ при произношеніи буквъ *е* и *и*.

рта онъ узнавалъ, поднося къ ея отверстію звучащіе камертоны разной высоты. Тоны тѣхъ камертоновъ, звучаніе которыхъ при этомъ явно усиливалось, соотвѣтствовало тонамъ полости рта. Такимъ образомъ онъ нашелъ слѣдую-

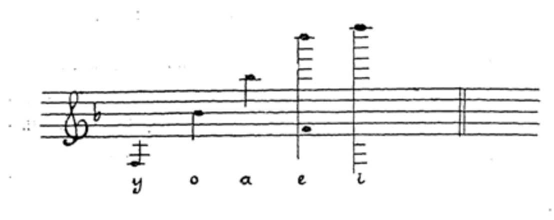


Рис. 14.

щій рядъ тоновъ полости рта, въ нотныхъ знакахъ, для подписанныхъ снизу гласныхъ звуковъ.

Анализъ звуковъ онъ производилъ посредствомъ резонаторовъ, полыхъ металлическихъ шаровъ, разной величины, приводимой на рисункѣ 15 формы. Такой резонаторъ созвучитъ всего сильнѣе тону его собственной полости. Если поэтому въ звукѣ какого-либо музыкальнаго инструмента или въ звукѣ гортани съ характеромъ гласной (которые всегда представляютъ извѣстное сочетаніе простыхъ тоновъ разной высоты) заключенъ тонъ, соотвѣтствующій тону резонатора, то ухо, вооруженное послѣднимъ (резонаторъ вставляется въ ухо узкимъ концомъ) рѣзко слышитъ именно этотъ составной тонъ, выдѣляя его, такъ

Рис. 15.

сказать, изъ прочихъ составляющихъ сложный звукъ тоновъ [1]).

Разлагая такимъ образомъ гласные звуки **Гельмгольтцъ** нашелъ полное согласіе между господствующими въ нихъ составными простыми тонами и соотвѣтственными тонами полости рта.

Въ этихъ опытахъ заключались уже всѣ данныя для составленія акустиче-ской теоріи гласныхъ; но **Гельмгольтцъ** сдѣлалъ еще шагъ впередъ. Онъ устроилъ аппаратъ для искусственнаго воспроизведенія гласныхъ изъ простыхъ тоновъ, путемъ ихъ сочетанія, т. е. одновременнаго звучанія. Существенную часть аппарата составляютъ камертоны разной высоты, приводимые въ непрерывное звучаніе электромагнитами и снабженные—каждый соотвѣтственнымъ его тону—резонаторами. Послѣдніе устроены такъ, что при ихъ посредствѣ тонъ каждаго камертона можетъ быть, по желанію экспериментатора, постепенно усиливаемъ и ослабляемъ. Этимъ путемъ онъ воспроизвелъ всѣ гласныя.

Такимъ образомъ **Гельмгольтцемъ** установлено:

1) что *гласный звукъ, самъ по себѣ, подобно звукамъ всѣхъ почти*

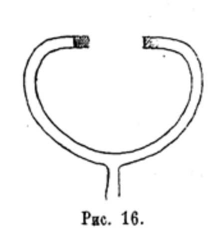


Рис. 16.

[1]) Всего рѣзче получаются явленія въ опытахъ, гдѣ резонаторомъ на гласныя звуки является сама полость рта. Съ этой цѣлью въ оба уха вставляется твердыми наконечниками изъ стекла вилообразно развѣтвленная каучуковая трубка, а одиночное колѣно трубки вводится въ полость рта, которую ставятъ на ту или другую гласную. Если брать при этомъ на фисгармоніи ноты разной высоты, то особенно рѣзко слышатся тоны, соотвѣтствующіе составнымъ тонамъ даннаго гласнаго звука.

музыкальныхъ инструментовъ, представляетъ опредѣленное сочетаніе простыхъ тоновъ разной высоты и силы; и

2) что *гортанный* (сложный!) *звукъ пріобрѣтаетъ гласный характеръ въ полости рта созвучаніемъ послѣдней,* т. е. *усиленіемъ въ гортанномъ звукѣ тѣхъ частныхъ тоновъ, которыми характеризуется поставленная на ту или другую гласную полость рта.*

Отсюда уже само собою слѣдуетъ, что вся разница между гласными, произносимыми громко и шопотомъ, заключается въ томъ, что поставленная на гласную полость рта резонируетъ въ первомъ случаѣ на звуки гортани, а во второмъ на шумы выдыхаемаго воздуха.

Дифтонги или двугласныя, *ю я*, образуются быстрымъ переходомъ изъ одной гласной въ другую (іу іа) [1].

Согласные звуки (правильнѣе, шумы) раздѣляютъ по мѣсту ихъ образованія на губные, язычные и небные; и производятся они во всѣхъ трехъ мѣстахъ или смыканіемъ и размыканіемъ соприкасающихся частей, или непрерывнымъ токомъ воздуха черезъ съуженные различнымъ образомъ проходы или наконецъ ритмическими колебаніями губъ, языка и небной занавѣски. Кромѣ того большинство согласныхъ образуютъ пары, члены которыхъ отличаются другъ отъ друга тѣмъ, что одинъ звукъ нѣмой, а другой, при томъ же взаимномъ положеніи частей рта, становится явственнымъ во время звучанія гортани. Таковы:

чисто губныя: *п* и *б*; *ф* и *в*;

языко-небныя: *т* и *д*; *с* и *з*; *ш* и *ж*;

небныя: *к* и *г* (въ словѣ напр. голосъ); *х* и *г* (въ словѣ государь).

м и *н* характеризуются носовымъ резонансомъ и отли-

---

[1]) Русская гласная *ы*, судя по тону поставленной на ней полости рта, характеризуется, подобно *и*, очень высокими оберъ-тонами.

чаются другъ отъ друга тѣмъ, что при первомъ звукѣ полость рта размыкается спереди губами, а при второй приподнятымъ къ твердому небу концемъ языка.

л стоитъ особнякомъ въ томъ отношеніи, что при образованіи его образуются для тока воздуха узкіе каналы по бокамъ языка.

Русское *р* производится дрожаніями кончика языка, а картавое *р* французовъ и нѣмцевъ дрожаніемъ язычка.

ч по способу происхожденія стоитъ близко къ *т* и *ш*,

ц и *щ* суть сочетанныя согласныя (*тс* и *тч*).

Физіологія нервной системы.

Въ обширной и съ виду крайне разнообразной картинѣ нервныхъ явленій самую крупную и вмѣстѣ съ тѣмъ всего рѣзче бьющую въ глаза черту составляетъ зависимость отъ нервной системы сознательныхъ актовъ чувствованія и движеній тѣла. Анатомически, зависимость эта выражается тѣмъ, что изъ центральныхъ частей нервной системы, головнаго и спиннаго мозга, идутъ нервы: *ко всѣмъ чувствующимъ точкамъ внѣшней поверхности тѣла,* (т. е. къ кожѣ и всѣмъ такъ называемымъ, высшимъ органамъ чувствъ, вкусовому, обонятельному, зрительному и слуховому), и *ко всѣмъ мышцамъ костнаго скелета* [1]).

Физіологически же разбираемая зависимость выражается параличами чувствованій и движеній, когда нарушается цѣлость тѣхъ частей центральной нервной системы, изъ которыхъ родятся соотвѣтственные нервы или разрушаются послѣдніе. Такъ слѣпота можетъ происходить и

---

[1]) Изъ центральныхъ частей нервной системы идутъ нервные пути и къ другимъ органамъ тѣла, кромѣ упомянутыхъ; но рѣчь идетъ исключительно о послѣднихъ только потому, что для перваго ознакомленія съ нервной системой явленія въ сферѣ описываемыхъ органовъ наиболѣе удобопонятны.

отъ разрушенія среднихъ частей головнаго мозга и отъ перерѣзки зрительныхъ нервовъ;—потеря чувствительности и движеній въ рукѣ, какъ отъ разрушенія плечеваго утолщенія спиннаго мозга, такъ и отъ перерѣзки подмышечныхъ нервовъ.

Объясненіе всему этому лежитъ въ слѣдующемъ.

Когда какимъ-либо дѣйствіемъ извнѣ вызывается въ сознаніи ощущеніе, то въ основѣ всего акта, несмотря на его быстроту, лежитъ послѣдовательный рядъ перемѣнъ въ состояніи: 1) чувствующей поверхности, на которую подѣйствовалъ внѣшній импульсъ; 2) отходящаго отъ нея нерва и 3) связаннаго съ нервомъ центра. Импульсы извнѣ, вызывающіе чувствованіе, носятъ общее названіе *возбудителей* или раздражителей, а перемѣны въ состояніяхъ частей чувствующаго снаряда ихъ *возбужденіями.* Такъ, для глаза нормальный возбудитель есть свѣтъ, и когда онъ на него подѣйствовалъ, то говорится, что свѣтъ, пройдя черезъ прозрачныя среды глаза, возбуждаетъ сѣтчатку (конецъ зрительнаго нерва), зрительный нервъ и зрительный центръ. Пока весь путь отъ поверхности къ нервному центру цѣлъ, снарядъ дѣйствуетъ. Но лишь только цѣлость его нарушается гдѣ нибудь по длинѣ — на поверхности, въ нервѣ или нервномъ центрѣ — чувствованіе дѣлается невозможнымъ. Подобнымъ же образомъ въ основѣ всякаго движенія руки, ноги, туловища и пр. лежитъ рядъ перемѣнъ въ состояніяхъ: 1) нервнаго центра; 2) родящагося изъ него двигательнаго нерва и 3) связанной съ послѣднимъ мышцы. Всѣ эти перемѣны въ свою очередь называются возбужденіями. Въ чувствующихъ снарядахъ возбужденіе идетъ съ периферіи тѣла къ центру и передается по нерву центростремительно, а въ двигательныхъ, наоборотъ, центробѣжно. Тамъ нарушеніе цѣлости пути ведетъ къ потерѣ чувствительности, здѣсь—къ параличамъ движенія.

Такимъ образомъ, всякій чувствующій снарядъ тѣла со-

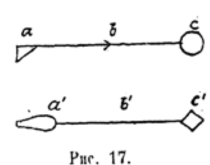


Рис. 17.

стоитъ изъ трехъ частей: поверхности воспринимающей внѣшніе импульсы (*a* на приложенной схемѣ); нерва или проводника отъ нея къ центру (b); и центра (c), съ дѣятельностью котораго связано чувствованіе.

Всякій двигательный снарядъ состоитъ: изъ центра (c'), откуда импульсы идутъ центробѣжно по нерву b', играющему и здѣсь роль проводника возбужденій, къ рабочему органу (a'), т. е. мышцѣ или железѣ.

Другую не менѣе яркую черту въ картинѣ нервныхъ дѣятельностей представляетъ то разнообразіе отношеній, въ которыхъ стоятъ другъ къ другу чувствованіе и движеніе.

Въ этомъ отношеніи ежедневный опытъ говоритъ слѣдующее.

Въ случаяхъ, когда высшіе органы чувствъ служатъ человѣку исключительно орудіями умственнаго общенія его съ внѣшнимъ міромъ, дѣятельности ихъ могутъ не отражаться въ двигательную сферу. Такъ, внимательное разсматриваніе или слушаніе того, что происходитъ вокругъ насъ, также мышленіе по поводу видимаго и слышимаго, могутъ быть актами чисто-чувственными, т. е. не сопровождаться движеніями [1]).

Движенія же у нормальнаго человѣка, наоборотъ, никогда не происходятъ независимо отъ чувствованія, вызываются ли они невольно, или предпринимаются человѣкомъ ради достиженія извѣстной цѣли—и тамъ и здѣсь они всегда слѣдуютъ за какимъ-нибудь душевнымъ движеніемъ. Безъ этого условія движенія человѣка были бы безцѣльны и безсмысленны.

[1]) Говорю «могутъ быть», потому что обыкновенно всякому душевному состоянію соотвѣтствуетъ какое-нибудь мимическое, слѣдовательно все-же двигательное выраженіе.

Значитъ, *между чувствующими и двигательными снарядами тѣла должна быть связь*; и связи эти, очевидно, могутъ существовать только въ центральныхъ нервныхъ массахъ (т. е. въ головномъ и спинномъ мозгу) между мѣстами раздраженія чувствующихъ и двигательныхъ нервовъ. На приложенной схемѣ связь эта изображена пунктированной линіей между центромъ чувствованія (с) и движенія (с′).

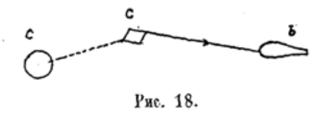


Рис. 18.

Какъ ни разнообразны съ виду нервныя явленія, въ которыхъ чувствованіе сочетано съ дѣятельностями рабочихъ органовъ, но въ огромномъ большинствѣ случаевъ, именно, когда въ составъ дѣйствующаго нервнаго снаряда входитъ чувству-

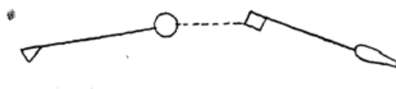


Рис. 19.

ющая поверхность съ проводникомъ къ нервному центру (какъ это изображено на при ложенной схемѣ), между ними оказываются слѣдующія общія стороны:

1) актъ всегда начинается импульсомъ извнѣ на чувствующую поверхность и кончается дѣятельностью рабочаго органа;

1) начало и конецъ акта всегда согласованы въ смыслѣ достиженія извѣстной цѣли, а именно, въ смыслѣ охраны тѣла цѣликомъ и по частямъ.

Чтобы сдѣлать понятнымъ второе изъ этихъ положеній, я долженъ сдѣлать маленькое отступленіе.

Если оставить въ сторонѣ процессы размноженія и ограничить сферу психической дѣятельности человѣка только тѣми проявленіями, въ основѣ которыхъ лежитъ непосред-

ственно чувство самосохраненія, то на животное тѣло можно смотрѣть, какъ на своеобразно устроенную машину, вся дѣятельность которой направлена въ концѣ концевъ къ поддержанію индивидуальнаго существованія или къ сохраненію анатомической и физіологической цѣлости тѣла. Нервная система, какъ часть этого самаго тѣла, очевидно, должна работать, какъ машина; и дѣятельности ея тоже должны быть направлены въ сторону охраны цѣлости тѣла.

Въ этомъ смыслѣ, явленіямъ, въ которыхъ чувствованіе согласовано съ движеніемъ и отдѣленіемъ соковъ, соотвѣствуютъ дѣятельности опредѣленно устроенныхъ снарядовъ, входящихъ въ составъ животной машины. Каждый изъ такихъ снарядовъ, взятый цѣликомъ, т. е. въ связи съ рабочимъ органомъ, есть охранитель тѣла; а нервная его часть есть регуляторъ рабочаго органа. Такъ, въ вышеприведенной чувственно-двигательной схемѣ весь аппаратъ отъ a до b включительно есть охранитель тѣла; а часть его отъ a до b, исключая послѣдній, есть регуляторъ рабочаго органа b.

Охранительное значеніе такихъ снарядовъ было уже выяснено въ веденіи къ этой книгѣ, и тамъ же было сказано, что они состоятъ вообще изъ сигнальной половины, которая, такъ сказать, извѣщаетъ тѣло о неправильностяхъ въ состояніи или ходѣ машины, и двигательной, которая эти неправильности устраняетъ. Къ сказанному тамъ нужно прибавить лишь слѣдующее.

Нервные регуляторы животной машины принадлежатъ по своему устройству къ разряду такъ называемыхъ автоматическихъ или самодѣйствующихъ. Снаряды этого рода въ машинахъ, устроенныхъ человѣкомъ, приводятся въ дѣйствіе не рукою машиниста, а импульсами изъ самой машины, когда въ ея ходѣ возникаютъ неправильности; оттого съ виду и кажется, какъ будто они дѣйствуютъ

животной машины должны быть крайне чувствительны ко всякимъ неправильностямъ въ ея состояніи и ходѣ; и такими свойствами, какъ увидимъ изъ примѣровъ, обладаютъ ихъ сигнальныя части. Въ наипростѣйшей формѣ нервныхъ снарядовъ сигнальныя показанія регулятора не доходятъ до сознанія. Чувствительность его къ перемѣнамъ въ состояніи или ходѣ машины вполнѣ соотвѣтствуетъ „чувствительности" какого нибудь физическаго инструмента, наприм. чувствительности термометра, вѣсовъ и т. п. Такіе регуляторы называются также *рефлекторными снарядами*, а весь процессъ, отъ начала до конца, *рефлексомъ*.

Описывать разныя формы регуляціи всего удобнѣе на примѣрахъ.

Первую категорію образуютъ дѣятельности наиболѣе простыхъ снарядовъ, служащихъ, такъ сказать, провинціальнымъ или дробнымъ интересамъ тѣла,—снарядовъ, обезпечивающихъ анатомо-физіологическую цѣлость отдѣльныхъ частей животной машины.

Въ глазу три такихъ регулятора: мигательный, слезный и фотомоторный. Первые два дѣйствуютъ совмѣстно, обезпечивая цѣлость и прозрачность передней части глазного яблока. Производимый ими эффектъ можно безъ всякой натяжки уподобить протиранію стекла мокрою тряпкой. Дѣятельность обоихъ вызывается внѣшними вліяніями на чувствующую поверхность глазного яблока; и убѣдиться въ этомъ можно на множество ладовъ. Нормальныя внѣшнія вліянія такъ слабы, что не ощущаются нами; но стоитъ тѣмъ же вліяніямъ нѣсколько усилится (вѣтеръ, холодный воздухъ, летучія ѣдкія вещества и пр.) и, рядомъ съ сознаніемъ, ... сами собою [1]). Понятно, что при такомъ условіи регуляторы

[1]) Классическимъ примѣромъ такихъ регуляторовъ можетъ служить предохранительный клапанъ Уатта въ паровыхъ котлахъ. Онъ регулируетъ напряженіе пара въ паровикѣ тѣмъ, что увеличиваетъ самъ собою отверстіе для выхода пара вонъ, когда напряженіе его въ котлѣ заходитъ за извѣстный предѣлъ.

знаваемыми ощущеніями, они вызываютъ усиленное слезотеченіе и миганіе. Такъ же дѣйствуетъ и всякая попадающая въ глазъ соринка. Наоборотъ, держаніе глаза закрытымъ устраняетъ миганіе. Акты начинаются раздраженіемъ чувствующей поверхности глазного яблока (волокна тройничнаго нерва), и возбужденіе переходитъ, съ одной стороны, на круговую мышцу вѣкъ (черезъ волокна личного нерва), съ другой—на слезоотдѣлительную железу (черезъ слезныя вѣтви тройничнаго). Оба явленія принадлежатъ къ разряду рефлексовъ и, какъ таковые, становятся невозможными, когда чувствующая поверхность разобщена съ отражательнымъ центромъ (перерѣзкой тройничнаго нерва). Дѣятельность третьяго механизма заключается въ регулированіи количества свѣта, падающаго на сѣтчатку, путемъ суженія зрачка, по мѣрѣ усиленія свѣта. Это въ свою очередь рефлексъ (съ волоконъ зрительнаго нерва на волокна m. oculomotorii), происходящій внѣ нашего сознанія (въ еще большей степени, чѣмъ предыдущіе).

Спускаясь по головѣ ниже, мы находимъ въ актѣ чиханія, вызванномъ раздраженіемъ внутренней чувствующей поверхности носа, проявленіе дѣятельности снаряда, защищающаго входъ въ дыхательные пути противъ проникновенія туда инородныхъ тѣлъ и раздражающихъ веществъ. Двигательную половину акта составляетъ наполненіе легкаго воздухомъ черезъ ротъ съ послѣдующимъ сильнымъ и отрывистымъ обратнымъ токомъ воздуха изъ легкаго черезъ носъ наружу, къ чему нерѣдко присоединяется усиленное отдѣленіе слезъ, выводимыхъ наружу черезъ полость носа. Актъ—опять рефлекторный.

Если человѣкъ, лежа на спинѣ, закинетъ голову настолько назадъ, чтобы въ носъ можно было налить осторожно воды (форма опыта Э. Г. Вебера), то задній выходъ носовой полости замыкается, какъ при глотаніи, небною занавѣской. Актъ—опять рефлекторный и соотвѣтствуетъ

по смыслу захлопыванію клапана на протяженіи дыхательныхъ путей.

Въ гортани встрѣчаемъ подобные же защитительные механизмы. Кверху отъ голосовыхъ связокъ раздраженіе чувствующей оболочки гортани вызываетъ отраженное замыканіе голосовой щели, что соотвѣтствуетъ захлопыванію клапана, направленному противъ прониканія инородныхъ веществъ внизъ. Если же этотъ входъ пройденъ инороднымъ тѣломъ, и слизистая оболочка раздражается подъ голосовыми связками, то раздраженіе вызываетъ кашель, актъ выталкиванія, соотвѣтствующій по смыслу чиханію.

Полость рта защищена противъ дѣйствія раздражающихъ веществъ слабѣе, но, все-таки, защищена отраженнымъ слюнотеченіемъ, вслѣдъ за раздраженіемъ стѣнокъ полости рта. Слюноотдѣлительные рефлексы цѣлесообразны, впрочемъ, и въ другомъ еще отношеніи: совпадая по времени съ поступленіемъ пищевыхъ веществъ въ полость рта и актами жеванія, они являются цѣлесообразными приспособленіями, въ смыслѣ экономнаго расходованія пищеварительнаго сока, — наступаютъ именно тогда, когда сокъ нуженъ для пищеварительныхъ и глотательныхъ цѣлей.

На пути изъ рта въ желудокъ, въ мѣстѣ, гдѣ глотаніе изъ акта, подчиненнаго волѣ, становится непроизвольнымъ, существуютъ нервно-мышечныя приспособленія противъ проникавія пищи въ носъ и въ дыхательные пути, происходящіе помимо нашего сознанія; но рядомъ съ ними есть и такіе механизмы, рефлекторная дѣятельность которыхъ сознается всякимъ,—я разумѣю позывы на рвоту при раздраженіи небной занавѣски или корня языка и позывы на глотаніе, совпадающіе съ катарральнымъ набуханіемъ язычка (uvulae).

Въ желудкѣ извѣстны три регулятора: отдѣленіе желудочнаго сока подъ вліяніемъ раздраженія слизистой обо-

лочки во всѣхъ мѣстахъ, усѣянныхъ пепсинными железами; рефлекторная рвота, при раздраженіи слизистой оболочки близъ входнаго отверстія, и, наконецъ, спазмотическое замыканіе выходнаго отверстія (sphincter pylоricus) вслѣдъ за наполненіемъ желудка пищей. Изъ тѣла животнаго, убитаго тотчасъ послѣ ѣды, можно желудокъ вынуть, и онъ не опорожняется, какъ-бы ни былъ сильно растянутъ пищей. Цѣлесообразность первыхъ двухъ актовъ понятна изъ вышеприведенныхъ аналогичныхъ примѣровъ; что же касается третьяго, то цѣлесообразность его опредѣляется тѣмъ обстоятельствомъ, что для перевариванія пищи въ желудкѣ требуется время; значитъ открытый выходъ изъ этой полости былъ-бы актомъ нецѣлесообразнымъ.

Дѣятельность всѣхъ описанныхъ механизмовъ представляетъ слѣдующія общія стороны: всѣ они обезпечиваютъ цѣлость отдѣльныхъ частей или органовъ тѣла, и во всѣхъ случаяхъ акты происходятъ по типу рефлексовъ или отраженныхъ движеній съ машинальнымъ однообразіемъ и правильностью: за раздраженіемъ чувствующей поверхности роковымъ образомъ слѣдуетъ движеніе всегда одного и того же рода. Но рядомъ съ этимъ между явленіями есть и большія разницы, со стороны осложненія ихъ актами сознательнаго чувствованія и вмѣшательствами воли. Одни (напр. дѣйствіе желудочнаго жома или отдѣленіе желудочнаго сока) лежатъ внѣ сферы обоихъ вліяній; другія, не подчиняясь волѣ, требуютъ, повидимому, сознательныхъ ощущеній (чувство тошноты и рвоты); третьи не требуютъ, наоборотъ, для происхожденія сознательности ощущеній, но подчинены до извѣстной степени волѣ, которая можетъ не только воспроизводить движенія намѣренно, безъ всякой стимуляціи, но также угнетать ихъ, когда поводы къ движенію существуютъ (миганіе и кашель). Говорить о причинахъ такихъ разницъ въ нашемъ бѣгломъ обзорѣ невозможно,—замѣтимъ пока лишь слѣдующее: сложности явле-

нія должна соотвѣтствовать сложность устройства регулятора.

На границѣ между этою категоріей регуляцій и послѣдующею я ставлю акты опорожненія мочевого пузыря и прямой кишки отъ ихъ содержимаго. По достигаемому регуляторами результату, оба акта равнозначны выше разобраннымъ: обоими обезпечивается функціональная цѣлость извѣстныхъ органовъ. Но чувствованіе, которымъ начинаются акты, здѣсь уже всегда сознательное, и сигнальное значеніе его выступаетъ съ особенною ясностью. Я разумѣю позывы на мочу и выведеніе кала, въ основѣ которыхъ лежитъ, какъ извѣстно, чувственное раздраженіе слизистой оболочки пузыря и прямой кишки близъ выходныхъ отверстій содержимымъ той и другой полости. Другая съ виду существенная разница этихъ регуляцій отъ предыдущихъ заключается въ томъ, что здѣсь двигательная реакція не связана столь роковымъ образомъ съ сигнальнымъ знакомъ, какъ тамъ: человѣкъ, получивъ такой сигналъ, можетъ и не послушаться его голоса, такъ что актъ опорожненія обѣихъ полостей становится, до извѣстной степени, актомъ произвольнымъ. Пренебречь позывомъ человѣкъ можетъ изъ самыхъ разнообразныхъ побужденій, слѣдовательно, между сигналомъ и цѣлесообразнымъ движеніемъ становится не только воля, но и разсужденіе. Кто не знаетъ, наконецъ, что опорожненіе обѣихъ полостей можетъ быть намѣреннымъ безъ всякаго чувственнаго сигнала?

Слѣдуетъ-ли однако заключить изъ этого, что наши новые регуляторы устроены совсѣмъ по другому типу, чѣмъ прежніе, что здѣсь сигнальная и двигательная половина разъединены, а тамъ неразрывно связаны другъ съ другомъ,—дѣйствительно, какъ части какой-нибудь машины.

Наблюденія и прямые опыты говорятъ положительно противное. Нервные снаряды пузыря и прямой кишки ро-

дятся у человѣка готовыми на свѣтъ и приводятся въ дѣйствіе въ первые мѣсяцы жизни, конечно, не сознательно-произвольною иннерваціей. У взрослаго они тоже могутъ работать безсознательно. Извѣстно далѣе, что человѣкъ властенъ не слушаться сигналовъ лишь до извѣстной степени. Позывъ, вначалѣ не сильный, можетъ съ теченіемъ времени сдѣлаться настолько настойчивымъ, что человѣкъ ему уступаетъ. А неудержимые позывы при искусственныхъ раздраженіяхъ шейки мочевого пузыря, или такіе же позывы въ натужныхъ поносахъ! Явно, что и здѣсь, какъ въ кашлѣ, угнетающее дѣйствіе воли на движеніе, при посредствѣ котораго происходитъ разъединеніе между сигнальной и двигательной половиной акта, имѣетъ границы. Не нужно забывать кромѣ того, что въ пузырѣ дѣйствію detrussoris urinae противодѣйствуетъ мышечный и эластическій жомы въ шейкѣ; поэтому удерживать мочу вообще легче, чѣмъ удерживаться отъ кашля.

Итакъ, въ дѣятельности обоихъ регуляторовъ нѣтъ собственно ни единой черты, которая не встрѣчалась-бы порознь на снарядахъ первой категоріи. Разница между нервными актами опорожненія пузыря и кашля даже менѣе, чѣмъ между кашлемъ и дѣйствіемъ желудочнаго жома.

Вторую категорію регуляцій представляютъ такъ называемыя *системныя чувства* съ ихъ двигательными вліяніями. Общимъ фономъ для относящихся сюда многообразныхъ проявленій служитъ то смутное валовое чувство (вѣроятно, изъ всѣхъ органовъ тѣла, снабженныхъ чувствующими нервами), которое мы зовемъ у здороваго человѣка чувствомъ общаго благосостоянія, а у слабаго или болѣзненнаго—чувствомъ общаго недомоганія. Въ общемъ, фонъ этотъ, хотя и имѣетъ характеръ спокойнаго, ровнаго, смутнаго чувства, вліяетъ однако очень рѣзко не только на рабочую дѣятельность, но даже и на психику человѣка. Отъ

него зависитъ тотъ здоровый тонъ во всемъ, что дѣлается въ тѣлѣ, который медики обозначаютъ словомъ vigor vitalis и то, что въ психической жизни носитъ названіе душевнаго настроенія. Фонъ этотъ не всегда однако остается спокойнымъ: время отъ времени въ немъ происходятъ нормальныя возмущенія, и когда это случается, изъ общей чувственной картины выдѣляется та или другая спеціальная форма системнаго чувства, которая и становится тогда господствующей. Такихъ нормальныхъ или физіологическихъ формъ мы знаемъ нѣсколько: голодъ, жажда, половое чувство, позывъ на дѣятельность, усталость и сонливость: у патологовъ же этихъ формъ, какъ видоизмѣненій чувства недомоганія и боли, множество; о послѣднихъ мы однако говорить не будемъ.

Всѣ физіологическія формы системнаго чувства имѣютъ слѣдующія общія стороны. Вездѣ чувство отличается такою же нерасчленяемостью, какъ въ случаяхъ первой категоріи, представляя, какъ тамъ, одни лишь колебанія въ силѣ. Подобно предшествующимъ двумъ переходнымъ формамъ, системное чувсто имѣетъ всегда характеръ *позыва* (позывъ на ѣду, питье и половое удовлетвореніе, на дѣятельность, отдыхъ и сонъ); поэтому, появляясь періодически, оно исчезаетъ вмѣстѣ съ удовлетвореніемъ позыва. На этомъ же основаніи чувство развивается постепенно и столь незамѣтно, что уловить его начало невозможно. Но разъ развившись до извѣстной степени, оно всегда доходитъ до сознанія и вліяетъ, подобно основной смутной формѣ, очень рѣзко даже на психику. Возрастая же въ еще большихъ размѣрахъ, чувство пріобрѣтаетъ наконецъ столь рѣзко выраженный импульсивный характеръ, что становится, *черезъ посредство психики*, источникомъ для многообразныхъ сложныхъ дѣятельностей, направленныхъ къ удовлетворенію позыва. Къ общимъ же характерамъ системныхъ чувствъ слѣдуетъ отнести ихъ топографическую неопре-

дѣленность. Это значитъ слѣдующее: сознаваемые человѣкомъ ощущенія первой категоріи относятся имъ (и всегда правильно) къ той именно мѣстности, гдѣ раздраженіе падаетъ на чувствующую поверхность—причина миганія относится къ глазу, причина чиханія—къ носу и т. д.; тогда какъ голодъ, жажду, сонливость, половое чувство и проч. отнести къ опредѣленному мѣсту невозможно.

На какомъ же основаніи можно сопоставлять этотъ рядъ крайне сложныхъ явленій съ описанными выше случаями первой категоріи?

Явленія здѣсь дѣйствительно несравненно сложнѣе чѣмъ тамъ, но по своему основному смыслу они все-таки представляютъ проявленія дѣятельности устроенныхъ извѣстнымъ образомъ регуляторовъ; голодъ и жажда, съ чувствомъ насыщенія, регулируютъ правильность пищеваго прихода; усталость служитъ сигналомъ для прекращенія дѣятельности; одышка отъ недостатка воздуха усиливаетъ дыхательныя движенія и пр. Во всѣхъ этихъ случаяхъ за чувствомъ остается, какъ и прежде, значеніе сигнала, и знакъ вызывается, какъ въ машинахъ, измѣненными условіями въ ихъ ходѣ. Правда, для большинства системныхъ чувствъ не найдено частей, эквивалентныхъ чувствующимъ поверхностямъ тѣла, такъ что образъ происхожденія ихъ остается темнымъ; но для общаго смысла регуляціи это—вопросъ второстепенный, вопросъ деталей; существенно то, что измѣненіе въ состояніяхъ тѣла сигнализируется въ нервные центры и возбуждаетъ цѣлесообразныя реакціи. То же слѣдуетъ сказать и о другой разницѣ въ дѣйствіи снарядовъ первой и второй категоріи: дробные регуляторы управляютъ лишь небольшими группами мышцъ, а системные—приводятъ въ дѣятельность всю двигательную машину тѣла; но вѣдь и цѣли регуляціи въ обоихъ случаяхъ неодинаковы: дробными обезпечивается цѣлость маленькихъ участковъ тѣла, а этими—цѣлость всей животной машины

разомъ. Наконецъ и со стороны осложненія актовъ вмѣшательствомъ сознательнаго чувства и воли разница между явленіями обѣихъ категорій не принципіальная. Въ нормальныхъ условіяхъ дѣятельность дробныхъ регуляторовъ дѣйствительно имѣетъ машинообразный характеръ, а здѣсь сознательно-произвольный; но послѣднее вѣрно лишь въ извѣстныхъ границахъ. У животныхъ при сильномъ голодѣ, во время одышки и пр. дѣятельность имѣетъ вынужденный характеръ; съ другой стороны, мы видѣли, что нормальная дѣятельность снарядовъ, опоражнивающихъ пузырь и прямую кишку, представляя рядъ сходствъ съ регуляціями первой категоріи, носитъ, подобно дѣйствію системныхъ регуляторовъ, характеръ сознательно-произвольный.

Значитъ, основныя черты устройства регулятора остаются и здѣсь прежнія, только связь между сигнальною и двигательною частью становится все болѣе и болѣе подвижной и сложной.

Въ промежутокъ между второй и послѣдующей категоріей слѣдуетъ поставить ту смутно сознаваемую систему ощущеній смѣшаннаго происхожденія, которая сопровождаетъ всякое мышечное движеніе или, точнѣе, всякое перемѣщеніе частей костнаго скелета другъ относительно друга. Для краткости (хотя и неправильно) эту сумму ощущеній обозначаютъ иногда словомъ „мышечное чувство". Другую промежуточную форму составляетъ система кожныхъ ощущеній, за исключеніемъ впрочемъ осязательныхъ, которыя относятся уже въ послѣдующую третью категорію.

Изъ жизненной практики всякому извѣстно, что человѣкъ управляетъ своими движеніями при посредствѣ двухъ чувствъ: зрѣнія и осязанія. Подъ контролемъ глаза движеніе направляется къ достиженію извѣстной (видимой или мыслимой) цѣли, а достиженіе послѣдней сигнализи-

руется для сознанія тѣмъ же глазомъ или осязаніемъ, или обоими вмѣстѣ (иногда и прочими чувствами). Но вѣдь и слѣпой умѣетъ управлять движеніями своихъ членовъ, и если онъ способенъ давать имъ надлежащее направленіе, значитъ, и у него имѣется какое-нибудь другое контрольное чувство, эквивалентное зрѣнію. Такое чувство есть въ самомъ дѣлѣ, но оно присуще какъ слѣпому, такъ и зрячему, и заключается въ нашей способности чувствовать и оцѣнивать съ извѣстною вѣрностью всякое измѣненіе въ относительномъ положеніи частей нашего тѣла, равно какъ и самый актъ перемѣщенія ихъ, происходитъ ли послѣднее пассивно, или произведено сокращеніемъ мышцъ. Ощущенія, которыми сопровождаются такія перемѣны, имѣютъ смѣшанное происхожденіе, родясь изъ натяженій и разслабленій кожи и подлежащихъ слоевъ, преимущественно вблизи сочлененій, равно какъ изъ активныхъ сокращеній и пассивныхъ растяженій участвующихъ въ перемѣщеніи мышцъ. Нѣтъ сомнѣнія, что ощущенія эти, несмотря на ихъ смутность, играютъ руководящую роль въ дѣлѣ координаціи сокращеній отдѣльныхъ мускуловъ, хотя уловить механизмъ такой регуляціи путемъ опыта до сихъ поръ не удается. Чувственныя основы тѣхъ понятій, которыя мы выражаемъ словами: верхъ, низъ, передъ, задъ, правое, лѣвое, прямо, впередъ, поворотъ, подъемъ, наклонъ, скорый, медленный, отрывочный и проч., суть показанія мышечнаго чувства.

Понимаемое въ такомъ обширномъ смыслѣ, мышечное чувство можетъ, слѣдовательно, назваться ближайшимъ регуляторомъ движеній и въ то же время чувствомъ, которое помогаетъ животному сознавать въ каждый данный моментъ положеніе собственнаго тѣла въ пространствѣ, притомъ, какъ при покоѣ его, такъ и при движеніи. Оно представляетъ слѣдовательно одно изъ орудій оріентаціи животнаго въ пространствѣ и времени. Какъ таковое, мы-

шечное чувство служитъ очевидно валовымъ цѣлямъ организма и родится, подобно системнымъ чувствамъ, не изъ какого-нибудь отдѣльнаго маленькаго участка тѣла, а изъ цѣлыхъ системъ чувствующихъ органовъ. Будучи далѣе столь же смутнымъ, какъ системное чувство, оно въ противность послѣднему способно уже значительно видоизмѣняться, смотря по мѣстности, изъ которой родится, и по характеру движенія. Послѣднимъ свойствомъ оно уже напоминаетъ чувствованія болѣе высокаго порядка, но по своей полной безстрастности стоитъ совсѣмъ особнякомъ.

Кожѣ присущи, помимо осязательныхъ, тепловыя и болевыя ощущенія. Первыя изъ нихъ (тепловыя), по ихъ малой способности вызывать у животныхъ двигательныя реакціи, изучены очень плохо, и касаться ихъ мы не будемъ. Болевыя же ощущенія служатъ, наоборотъ, источникомъ самыхъ разнообразныхъ движеній и изучены въ отношеніи ихъ связи съ послѣдними сравнительно подробно. Общій смыслъ относящихся сюда явленій вытекаетъ изъ слѣдующаго. Способность чувствовать боль развита по всей поверхности кожи, въ какой бы ея точкѣ боль ни причинялась, она повсюду сопровождается и у животнаго, и у человѣка, цѣлесообразными движеніями одного и того же смысла: устранить, оттолкнуть причиняющую боль причину или уйти отъ раздражителя. Такія реакціи въ отношеніи къ каждой точкѣ кожи въ отдѣльности носятъ характеръ невольныхъ движеній и называются кожно-мышечными рефлексами: вся же сумма реакцій, отнесенная ко всей поверхности кожи, является выраженіемъ дѣятельности крупнаго системнаго снаряда, обезпечивающаго цѣлость всей внѣшней поверхности тѣла, которая очевидно подвергается во время жизни животнаго наибольшимъ случайнымъ насиліямъ.

Въ основныхъ чертахъ устройство кожно-мышечныхъ снарядовъ повторяетъ собою то, что было сказано выше

о наипростѣйшихъ регуляторахъ, въ которыхъ рабочій органъ подчиняется волѣ. Цѣлесообразный кожно-мышечный рефлексъ можетъ происходить безъ сознанія и съ машинообразною правильностью, но также осложняться сознательными ощущеніями, съ вмѣшательствомъ воли, и можетъ наконецъ воспроизводиться намѣренно, безъ участія какого бы то ни было чувственнаго раздраженія. Все отличіе этихъ явленій отъ дѣятельности простыхъ дробныхъ регуляторовъ заключается въ томъ, что здѣсь работаетъ неизмѣнно одна и та же группа мышцъ въ одномъ и томъ же направленіи, а тамъ мышечная группировка можетъ разнообразиться въ значительныхъ предѣлахъ и по числу работающихъ мышцъ, и по порядку сочетанія ихъ дѣятельностей во времени.

Послѣднюю категорію регуляцій составляютъ дѣятельности высшихъ органовъ чувствъ съ ихъ двигательными послѣдствіями.

Къ высшимъ органамъ чувствъ причисляютъ обыкновенно вкусъ и обоняніе.

Животному оба эти чувства оказываютъ дѣйствительно очень важныя услуги, давая ему возможность разобраться между съѣдомымъ и не съѣдомымъ, чуять добычу и врага; но въ жизни человѣка показанія этихъ чувствъ стоятъ по своему значенію неизмѣримо ниже того, что дается зрѣніемъ, осязаніемъ и слухомъ. Тѣмъ не менѣе, и въ нихъ начинаетъ уже сказываться та особенность, которою отличаются чувствованія этой 3-й категоріи отъ всѣхъ предшествующихъ формъ.

Если въ глазъ попадетъ соринка, то для вызываемаго ею чувственнаго эффекта безразлично, будетъ ли она деревянная, каменная или желѣзная, будетъ ли она имѣть правильную или неправильную форму, тотъ или другой цвѣтъ и пр.,—присутствіе ея причиняетъ глазу или только помѣху, или боль, мало отличаясь въ послѣднемъ случаѣ

даже отъ дѣйствія капли раздражающей жидкости. Другое дѣло, если разсматривать ту же соринку зрительно: глазъ различаетъ въ ней цвѣтъ и форму, и настолько опредѣленно, что показанія его могутъ быть выражены словомъ (т. е. соотвѣтственными данному цвѣту и формѣ терминами). Вотъ этою-то *способностью давать измѣнчивыя по формѣ чувственныя показанія, въ связи въ измѣнчивостью формъ раздраженія*, и отличаются высшіе органы чувствъ отъ всѣхъ прочихъ чувствующихъ снарядовъ; и причина этого лежитъ въ ихъ болѣе сложной и высокой организаціи. Чѣмъ проще устроенъ воспринимающій раздраженіе снарядъ, тѣмъ ощущеніе однообразнѣе по содержанію, и наоборотъ. Различныя степени совершенства различныхъ органовъ чувствъ въ этомъ отношеніи легко узнавать изъ обилія прилагательныхъ, которыми человѣкъ выражаетъ на словахъ разныя стороны даваемыхъ ими ощущеній. Обоняніе и вкусъ даютъ, напримѣръ, только три главныя категоріи качествъ: пріятные, непріятные и ѣдкіе запахи и вкусы; но послѣдняя категорія представляетъ уже вмѣшательство болевыхъ ощущеній. Далѣе, вкусъ различаетъ: сладкое, горькое, соленое (прилагательное заимствовано отъ предмета) и кислое; а затѣмъ для ощущеній уже нѣтъ спеціальныхъ терминовъ,—качество опредѣляется принадлежностью къ предмету: вкусъ рябчика, сыра, вина и т. п. Тоже самое повторяется и на обоняніи: чувствованія и здѣсь крайне разнообразны, но терминовъ для нихъ нѣтъ. Оттого и говорятъ: запахъ мяты, ландыша, сигары, амміака и пр. Зрѣніе же даетъ намъ пять категорій: очертаніе или контуры, цвѣтъ, величину, тѣлесную форму и положеніе предмета относительно нашего тѣла. Нѣкоторымъ изъ нихъ соотвѣтствуетъ въ то же время множество видовыхъ формъ съ спеціальными названіями: кругъ, овалъ, треугольникъ и пр. для 1-й категоріи; красный, оранжевый, желтый и т. д.—для 2-й; круглый, цилиндрическій, трехгранный и т. д.—для 4-й. Сумма

кожныхъ ощущеній еще разнообразнѣе по содержанію, такъ какъ сюда, кромѣ четырехъ зрительныхъ категорій (за исключеніемъ цвѣтной), входятъ тепловыя ощущенія, чувство гладкости и шероховатости, твердости, упругости и мягкости осязаемыхъ предметовъ. Разнообразіе звуковыхъ формъ, доступныхъ человѣческому уху, едва ли не наибольшее. Стоитъ только принять во вниманіе, что для части ихъ, правда значительной, спеціальное словесное наименованіе (въ родѣ, напримѣръ, опредѣленій цвѣта) невозможно, а возможно только условное выраженіе письменными знаками. Это звуки, артикулированные въ рѣчь—сложные звуки, изъ которыхъ каждый представляетъ опредѣленный звуковой образъ. Легко понять, что содержимое всѣхъ лексиконовъ всѣхъ нарѣчій не представляетъ собою и сотой доли всего богатства слуховыхъ формъ, потому что въ лексиконахъ нѣтъ ни грамматическихъ флексій, ни интонацій живой рѣчи, ни того громаднаго разнообразія шумовъ и неартикулированныхъ звуковъ, которыми наполнена природа. Для животныхъ звуки человѣческой рѣчи недоступны по смыслу, но имъ знакомы многіе голоса въ природѣ, и они знаютъ, частью по опыту, частью инстинктивно, ихъ цѣну.

Другую отличительную особенность высшихъ органовъ чувствъ составляетъ то, что даваемыя ими ощущенія не имѣютъ такого субъективнаго характера, какъ напримѣръ боль или голодъ, а относятся сознаніемъ наружу къ произведшимъ ихъ причинамъ, объективируются. У животныхъ, судя по двигательнымъ реакціямъ, вытекающимъ изъ показаній ихъ органовъ, свойства эти стоятъ въ прямой связи со способностью чувствующихъ снарядовъ возбуждаться внѣшними вліяніями издалека. Такъ, у собакъ обонятельныя ощущенія едва ли имѣютъ менѣе объективный характеръ, чѣмъ зрительныя и слуховыя. Къ человѣку же это правило неприложимо, потому что не идущія

издалека осязательныя ощущенія имѣютъ у него объективный характеръ, а обонятельныя—скорѣе субъективный и относятся наружу лишь путемъ опыта, при посредствѣ другихъ чувствъ.

Какъ бы то ни было, но разобранными двумя свойствами, расчлененностью впечатлѣній и отнесеніемъ ихъ наружу къ производящимъ причинамъ, опредѣляется жизненный смыслъ высшихъ органовъ чувствъ.

Это суть орудія общенія животнаго съ внѣшнимъ предметнымъ міромъ, или орудія, при посредствѣ которыхъ животное получаетъ чувственные сигналы или знаки отъ внѣшнихъ предметовъ, настолько разнообразные по содержанію, насколько высоко развитъ воспринимающій ихъ органъ. Въ прежнихъ категоріяхъ сигналъ шелъ, такъ сказать, изъ собственнаго тѣла, а теперь—изъ окружающаго животное пространства. Въ большинствѣ прежнихъ случаевъ регуляторъ имѣлъ значеніе только защитительнаго снаряда противъ вліяній, непосредственно подѣйствовавшихъ на тѣло. Теперь же смыслъ его расширился: приходя издалека, сигналы предувѣдомляютъ животное и, будучи разнообразными по содержанію, способны вызывать не машинально-однообразную двигательную реакцію, какъ прежде (въ родѣ напримѣръ съуженія отверстія, захлопыванія клапана и т. п.), а серіи подобныхъ реакцій. Отсюда же само собою слѣдуетъ, что послѣднія появляются отвѣтомъ лишь на такіе сложные чувственные знаки, которые мы пріурочиваемъ къ внѣшнимъ предметамъ. Солнечный лучъ, падая на глазъ, способенъ вызвать сокращеніе зрачка, миганіе, поворачиваніе головы и пр.; но это не будутъ реакціи „зрительнаго снаряда“. Видъ волка для овцы или видъ овцы для волка—вотъ тѣ сигналы или тѣ чувственные образы, о которыхъ здѣсь говорится, и которые вызываютъ у обоихъ животныхъ двигательныя реакціи противоположнаго смысла.

Нужно ли прибавлять къ этому, что разбираемыя чувствованія служатъ тѣлу не иначе, какъ въ сознательной формѣ?

Сказаннымъ доселѣ службы высшихъ органовъ чувствъ, особенно зрѣнія, еще не исчерпываются. Благодаря способности глаза (вмѣстѣ съ двигательными снарядами глазного яблока) быстро схватывать формы и относительное положеніе внѣшнихъ предметовъ, животное не только получаетъ возможность не быть прикрѣпленнымъ къ мѣсту, но и способность къ быстрымъ передвиженіямъ. Глазу же оно обязано умѣньемъ различать съ разстоянія покоющіеся предметы отъ движущихся. Поэтому зрѣніе считается *главнымъ орудіемъ оріентаціи животнаго въ пространствѣ и времени.*

Судя по этимъ даннымъ, между вліяніями органовъ чувствъ на движенія и дѣятельностью всѣхъ описанныхъ раньше регуляторовъ лежитъ цѣлая пропасть. Общаго въ нихъ съ виду лишь то, что и здѣсь движеніе согласовано съ чувствованіемъ въ дѣятельность, приносящую пользу тѣлу; но какая огромная разница въ формѣ связи между ними! Чувствованія, даваемыя сознанію органами чувствъ, служатъ источниками движеній не прямо, а черезъ психику,—настолько съ сигналомъ связанъ для сознанія животнаго опредѣленный смыслъ. Огородное чучело внушаетъ, напримѣръ, воробью ужасъ со всѣми его двигательными послѣдствіями только въ теченіе нѣкотораго времени, а затѣмъ личныя наблюденія и опытъ воробья научаютъ его не бояться того же самаго образа. Когда животное въ погонѣ за добычей приноравляетъ свой бѣгъ къ бѣгству преслѣдуемаго и къ условіямъ мѣстности, то движенія его, руководимыя зрѣніемъ, имѣютъ характеръ обдуманности, какъ будто преслѣдующее животное разсуждаетъ, когда ему слѣдуетъ повернуть въ сторону, когда перескочить, замедлить бѣгъ и пр. Словомъ, во вліяніи органовъ чувствъ на движеніе сказывается уже сходство

съ тѣми болѣе высокими проявленiями нервной дѣятельности, которыя физiологи обозначаютъ общимъ терминомъ „психо-моторная дѣятельность.“ Этими особенностями наша послѣдняя категорiя регуляцiй дѣйствительно рѣзко отличается отъ всѣхъ предшествующихъ: но пропасти между ними все-таки нѣтъ. Вѣдь и позывъ на опорожненiе пузыря, какъ сигналъ для произвольно-двигательной реакцiи, долженъ имѣть для сознанiя животнаго именно этотъ, а не другой смыслъ. Съ другой стороны мы знаемъ на многихъ животныхъ (козы, телята, жеребята и пр.), что они черезъ нѣсколько часовъ по рожденiи уже умѣютъ руководствоваться въ передвиженiяхъ зрѣнiемъ. Наконецъ, на нѣкоторыхъ животныхъ доказано прямыми опытами, что они и по отнятiи полушарiй, т. е. лишенныя, какъ говорится, сознанiя, сохраняютъ еще способность оцѣнивать по смыслу наиболѣе простыя пространственныя отношенiя, способны напримѣръ при передвиженiи не натыкаться на окружающiе ихъ предметы. Значитъ, психо-моторный характеръ можетъ быть присущъ зрительно-двигательнымъ актамъ при такихъ условiяхъ, когда о существованiи у животнаго чего-либо подобнаго разсужденiю, выведенному изъ жизненнаго опыта, и рѣчи быть не можетъ.

Итакъ, на регуляцiи движенiй зрѣнiемъ повторяется дѣйствительно нѣчто подобное тому, что мы видѣли на такихъ простыхъ явленiяхъ, какъ актъ опорожниванiя мочевого пузыря: въ томъ и другомъ случаѣ дѣйствiе регулятора можетъ происходить внѣ сферы сознанiя и воли,— и тогда весь актъ имѣетъ характеръ машинообразный,— или же оно совершается съ вмѣшательствомъ того и другого и прiобрѣтаетъ при этомъ условiи характеръ психо-моторный.

Нѣтъ сомнѣнiя, что господство „начала согласованiя движенiй съ чувствованiемъ“ заходитъ за предѣлы только

что описанныхъ явленій (управленія движеній дѣятельностями высшихъ органовъ чувствъ). Отсюда оно навѣрно распространяется въ область спеціальныхъ инстинктовъ (преимущественно у животныхъ) и такъ называемыхъ заученныхъ движеній (преимущественно у человѣка). Доказать это суммарнымъ образомъ не трудно. Въ основаніи инстинктовъ всегда лежатъ специфическія формы чувствованія, съ характеромъ неудержимой потребности, въ родѣ голода, а другую половину всегда составляютъ сложные ряды движеній, направленные къ удовлетворенію потребности. Заученныя движенія въ свою очередь развиваются не иначе, какъ подъ вліяніемъ жизненныхъ потребностей и, разъ развившись, отличаются отъ инстинктивныхъ лишь большею подвижностью связи между движеніемъ и чувствованіемъ. При этомъ, факторомъ, разъединяющимъ ихъ другъ отъ друга, является и здѣсь, какъ въ дѣятельностяхъ вышеописанныхъ регуляторовъ разныхъ категорій, воля, съ ея способностью воспроизводить движеніе намѣренно, безъ содѣйствія соотвѣтственнаго чувственнаго стимула, и угнетать его наперекоръ дѣйствію послѣдняго.

Господство нашего начала идетъ вѣроятно и дальше— въ ту область явленій, гдѣ чувствованіе превращается въ *поводъ* и *цѣль*, а движеніе—въ *дѣйствіе:* но эта область уже лежитъ за предѣлами физіологическаго изслѣдованія. Впрочемъ, послѣднее, строго говоря, останавливается на управленіи движеній дѣятельностями высшихъ органовъ чувствъ, потому что физіологическій опытъ не прикладывался еще къ области спеціальныхъ инстинктовъ и едва едва коснулся заученныхъ движеній.

Покончивъ такимъ образомъ съ категоріями явленій, въ которыя замѣшано чувствованіе на различныхъ ступеняхъ развитія, естественно задать себѣ вопросъ: всѣ ли вообще нервные снаряды построены на принципѣ согласованія движенія съ чувствованіемъ, и если нѣтъ, то подхо-

дятъ ли такіе снаряды, по своему значенію, *подъ типъ регуляторовъ работъ*. На первый вопросъ отвѣчаютъ обыкновенно отрицательно, ставя въ особую категорію „автоматической дѣятельности“ такіе нервные процессы, для которыхъ источники возбужденія не найдены или выходятъ завѣдомо не изъ чувствующихъ поверхностей; а на второй слѣдуетъ, я думаю, отвѣчать утвердительно.

Для того, чтобы нервный снарядъ дѣйствовалъ какъ регуляторъ работъ, существенно необходимо, чтобы онъ былъ чувствителенъ къ тѣмъ перемѣнамъ въ состояніи или ходѣ машины, устранять которыя снарядъ предназначенъ; вопросъ же, на какой ладъ осуществлена такая задача, есть уже вопросъ деталей. Извѣстно, напримѣръ, что нѣкоторые отдѣлы нервныхъ центровъ способны возбуждаться протекающею по нимъ кровью, и въ то же время доказано прямыми опытами, что изъ этихъ самыхъ отдѣловъ выходятъ вліянія, управляющія дыхательными движеніями, т. е. вліянія на работу, при посредствѣ которой поддерживается на извѣстномъ уровнѣ дыхательный (газовой) обмѣнъ крови и тѣла. Явно, что весь нервный снарядъ дыханія, со всѣми его приспособленіями, предназначенными управлять газовымъ обмѣномъ, имѣетъ значеніе регулятора; а между тѣмъ къ самодѣятельности онъ опредѣляется импульсами, развивающимися не на чувствительныхъ поверхностяхъ, а въ самыхъ центрахъ подъ вліяніемъ крови. Возбуждаются ли при этомъ тѣ центральныя образованія, изъ которыхъ непосредственно выходятъ двигательные импульсы, или въ составъ дыхательныхъ центровъ входятъ эквиваленты чувствующихъ центровъ и дѣйствіе крови падаетъ на послѣдніе, неизвѣстно. Если имѣть въ виду, что, по опытнымъ даннымъ, дыхательныя движенія можно считать родящимися изъ едва замѣтнаго непрерывнаго чувства задыханія (въ родѣ того, какъ происходитъ миганіе изъ незамѣтныхъ чувственныхъ вліяній на

поверхность глазного яблока), то можно было бы думать объ эквивалентахъ чувствующихъ центровъ.

Другой примѣръ изъ категоріи автоматически дѣйствующихъ снарядовъ представляетъ кровяное сердце, внѣ его связи съ спинномозговой осью. Сомнѣваться въ томъ, что нервные снаряды (заложенные въ стѣнкахъ сердца) и здѣсь имѣютъ значеніе регуляторовъ, нельзя: черезъ нихъ или изъ нихъ выходятъ не только импульсы къ движеніямъ, но и согласованіе сокращеній предсердій и желудочковъ въ правильно-перемѣнную дѣятельность. Какъ и гдѣ именно развиваются импульсы къ движеніямъ, мы не знаемъ; но извѣстно, что въ дѣятельности сердца играетъ существенную роль крайняя чувствительность его ко всякаго рода вліяніямъ, механическимъ, термическимъ и химическимъ. Послѣднее же обстоятельство невольно наводитъ на мысль, что въ основѣ сердечныхъ движеній должны лежать или прямыя возбужденія двигательныхъ центровъ или косвенныя—изъ эквивалентовъ чувствующихъ поверхностей.

Изъ этихъ примѣровъ читатель уже можетъ видѣть, какими внѣшними признаками отличается категорія автоматическихъ дѣятельностей отъ прежде описаннаго рефлекторнаго типа. Явленія послѣдняго рода развиваются лишь по временамъ, при извѣстныхъ условіяхъ и очень часто въ неправильные промежутки времени, или даже случайно; тогда какъ снаряды перваго рода работаютъ неустанно,—дѣйствительно, какъ автоматы, расходующіе мало-по-малу сообщенный имъ запасъ энергіи. Но вѣдь работы сердца, дыхательныхъ мышцъ, сфинктеровъ мочеваго пузыря или прямой кишки и т. д. длятся у человѣка иногда болѣе сотни лѣтъ; значитъ, о формѣ дѣятельности, въ видѣ постепеннаго расходованія большихъ запасовъ энергіи, здѣсь и рѣчи быть не можетъ; дѣло можетъ идти только о постоянномъ пополненіи маленькихъ затратъ ея,

да о способѣ развитія импульсовъ къ движенію—родятся ли они именно изъ періодической дѣятельности органа, или источникомъ ихъ служитъ непрерывное тоническое возбужденіе. Другими словами, и въ категоріи „автоматической дѣятельности" центры дѣйствуютъ не иначе, какъ подъ воздѣйствіями извнѣ и согласуютъ съ такими импульсами дѣятельность рабочаго снаряда.

Итакъ, всѣ извѣстные доселѣ нервные акты распредѣляются по способу ихъ происхожденія въ слѣдующія категоріи:

1) акты чувствованія (видѣніе, слышаніе, осязаніе и пр.).

2) акты рефлекторнаго типа:
   - a) простые рефлексы
   - b) рефлексы, осложненные сознательными чувствованіями.
   - c) чувственно - двигательные акты.

3) акты центральнаго происхожденія.

Рядомъ съ этимъ привожу подъ соотвѣтственными знаками схематическое изображеніе главныхъ частей только-что перечисленныхъ снарядовъ.

Изъ сравненія этихъ схемъ выходитъ, что въ составъ собственно нервной части снарядовъ (т. е. въ составъ регуляторовъ) входятъ вообще: поверхность, воспринимающая внѣшніе импульсы, нервы (сигнальный и двигательный) и центръ. Поэтому нервная физіологія должна была бы состоять изъ общей и спеціальной части. Въ первой должны были бы описываться общія стороны воспринимающихъ поверхностей, общія свойства нервовъ и общія стороны нервныхъ центровъ. Но свѣдѣнія наши о чувствующихъ поверхностяхъ и нервныхъ центрахъ такъ ничтожны,

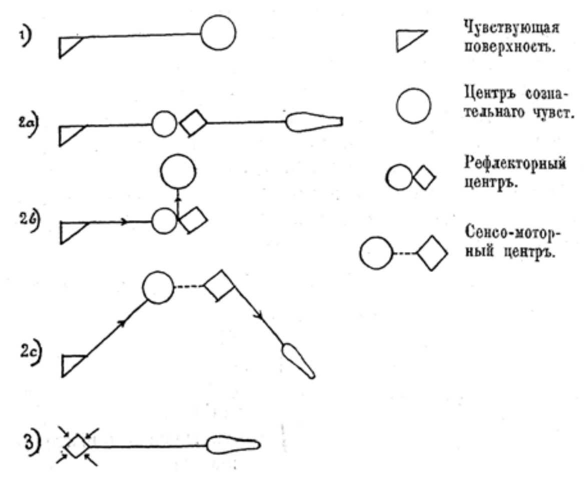


Рис. 20.

что такъ называемая общая физіологія нервной системы есть въ сущности лишь физіологія нервовъ. Поэтому мы и начнемъ съ нея.

Свойства нервовъ.

Изъ физіологіи поперечнополосатыхъ мышцъ мы знаемъ, что нѣтъ мышечнаго волокна, которое не получало бы нервныхъ вліяній, а изъ ежедневнаго опыта,—что нѣтъ точки кожи, которая не была бы чувствительна. Съ другой стороны анатомія показываетъ, что къ мышцамъ и кожѣ подходятъ нервы, разсыпающіеся въ той и другой ткани на болѣе и болѣе тонкія нити, видимыя, наконецъ,

лишь при сильныхъ увеличеніяхъ подъ микроскопомъ. Отсюда уже ясно слѣдуетъ:

1) что нервныя вліянія приносятся тканямъ раздѣльными путями;

2) что путямъ этимъ соотвѣтствуютъ мелкія составныя части нервовъ; и

3) что такихъ путей для одной только кожи и мышцъ костнаго скелета (не говоря уже о путяхъ къ полостнымъ органамъ и кровеноснымъ сосудамъ) должны быть милліоны. Посмотримъ же, какъ эта задача разрѣшена въ животномъ тѣлѣ.

У человѣка изъ головнаго и спиннаго мозга выходятъ справа и слѣва, для правой и лѣвой половины тѣла по 44 нерва—каждый толщиною, по крайней мѣрѣ, въ 2 миллиметра. Съ форменной стороны каждый такой нервъ можно вполнѣ сравнить съ моткомъ тончайшихъ, невидимыхъ простымъ глазомъ, нитей, называемыхъ *первичными нервными волокнами* и считающихся *элементами нерва.* Толщина ихъ различна, но не превышаетъ 0,02 миллим. Поэтому, если взять для волокна даже этотъ наибольшій діаметръ, то въ нервѣ толщиною въ 2 мм. умѣстилось бы до 10,000 волоконъ, а въ 88 нервахъ 880,000. Но первичное нервное волокно, хотя и считается элементомъ нерва, не есть однако недѣлимая часть его. *Недѣлимый элементъ нерва* есть *первичное нервное волоконце—часть осеваго цилиндра.* Именно, въ каждомъ первичномъ нервномъ волокнѣ существенную часть представляетъ лежащій по оси его пучекъ нервныхъ волоконецъ (числомъ до 20 и болѣе), называемый осевымъ цилиндромъ. По длинѣ нервнаго ствола послѣдній не разсыпается на части, но въ тканяхъ и въ нѣкоторыхъ частяхъ нервныхъ центровъ онъ разсыпается на составныя волоконца. Такимъ образомъ, дѣйствительно недѣлимыхъ элементовъ нерва изъ головнаго и спиннаго мозга выходятъ милліоны.

Выше было сказано, что нервныя вліянія приносятся

тканямъ различными путями, и что такими путями должны быть мелкія составныя части нервовъ. Теперь мы можемъ высказаться по этому предмету опредѣленнѣе.

Изъ анатоміи извѣстно, что нервные стволы, направляясь къ тканямъ, дѣлятся на болѣе и болѣе мелкія вѣтви. Вѣтвленіе это, какъ показываетъ приложенная схема,

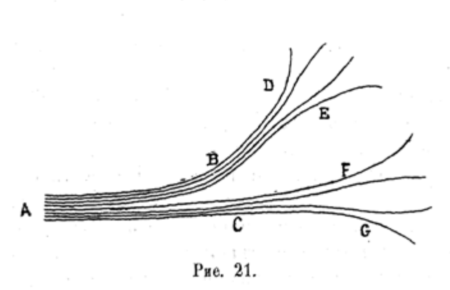


Рис. 21.

есть ничто иное, какъ раздѣленіе цѣлаго пучка волоконъ А на меньшіе пучки В и С и такое же раздѣленіе послѣднихъ на пучки D, E, F, G и т. д. При этомъ каждое первичное волокно ствола А тянется безъ перерыва и безъ вѣтвленій по всей длинѣ нерва и его вѣтвей; и если предположить на минуту, что волокна эти представляютъ тѣ мелкіе составныя части нерва, которыми приносятся раздѣльно нервныя вліянія тканямъ, то выходитъ:

1) что первичныя нервныя волокна должны проводить возбужденія изолированно другъ отъ друга; и

2) что пути возбужденій по всей длинѣ нервныхъ стволовъ тянутся безъ перерыва и устроены однообразно въ обоихъ направленіяхъ по длинѣ, т. е. отъ центра къ периферіи и обратно.

Оба эти вывода считаются краеугольными камнями въ физіологіи нервовъ, какъ проводниковъ возбужденій; поэтому съ нихъ мы и начнемъ физіологическое описаніе нервовъ.

Фактъ, что *нервъ проводитъ возбужденіе по своей длинѣ* и что

въ этомъ состоитъ вся его служба тѣлу доказывается слѣдующими простыми опытами. Берутъ двигательный нервъ

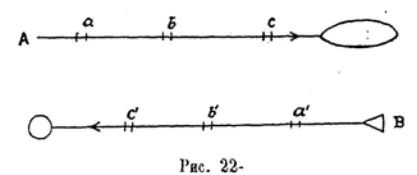


Рис. 22-

А и раздражаютъ его въ любой точкѣ по длинѣ электрически, механическимъ ударомъ, перерѣзкой и т. п., — во всѣхъ случаяхъ мышца приходитъ въ возбужденіе. Значитъ отъ каждаго раздражаемаго участка a, b, c идетъ по нерву къ мышцѣ возбужденіе. Тоже повторяется и на чувствующемъ нервѣ В—раздраженіе участковъ a', b', c', неизбѣжно сопровождается ощущеніемъ.

Опыты эти, сверхъ факта проведенія возбужденій, доказываютъ *физіологическую однородность нерва по длинѣ,* именно одинаковость отношенія всѣхъ его точекъ по длинѣ къ искусственнымъ раздражителямъ.

Что касается до изолированнаго проведенія возбужденій по первичнымъ нервнымъ волокнамъ, то на двигательныхъ нервахъ оно доказывается слѣдующими опытами. Берутъ двигательный нервъ А, снабжающій волокнами примѣрно

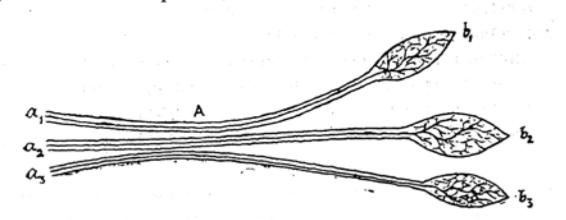


Рис. 23.

3 мышцы; отыскиваютъ корни этого нерва a_1 a_2 a_3 при выходѣ ихъ изъ спиннаго мозга и раздражаютъ искусственно каждый изъ корней въ отдѣльности. При раздраженіи a_1 сокращается, наприм., только мышца b_1, при a_2,—b_2, при a_3—b_3; если же раздражать весь стволъ А, то сокращаются всѣ три мышцы разомъ.

На кожныхъ нервахъ (особенно рѣзко на концахъ пальцевъ рукъ съ ладонной поверхности) раздѣльность проведенія доказывается тѣмъ, что два близкія другъ къ другу точечныя прикосновенія къ кожѣ (наприм. ножками циркуля) чувствуются раздѣльно и чувствуются какъ точки. Раздѣльность видѣнія точекъ глазомъ еще тоньше. Въ ухѣ раздѣльному проведенію соотвѣтствуетъ слышаніе тоновъ разной высоты.

Третій пунктъ, вытекающій изъ однородности устройства нерва, есть его способность проводить возбужденіе одинаково легко въ обѣ стороны по длинѣ. Свойство это стоитъ съ виду въ противорѣчіи съ тѣмъ обстоятельствомъ, что по нормально чувствующимъ нервамъ возбужденіе идетъ центростремительно, а по двигательнымъ центробѣжно. Но это противорѣчіе лишь кажущееся. Одностороннее проведеніе въ нервахъ зависитъ отъ того, что въ каждомъ нервѣ возбуждаемый черезъ него аппаратъ лежитъ съ одного конца: въ чувствующемъ—съ центральнаго, а въ двигательномъ—съ периферическаго. Если бы въ тѣлѣ былъ такой нервъ, у котораго съ одного конца была бы мышца, а съ другого чувствующій снарядъ, то возбужденіе его давало бы центростремительно чувствованіе, а центробѣжно движеніе; но такихъ нервовъ въ тѣлѣ нѣтъ [1]). Обоюдостороннее проведеніе возбужденій доказывается, помимо одно-

---

[1]) Такіе нервы старались произвести искусственно, сращивая другъ съ другомъ концы двигательнаго и чувствующаго нерва; но результаты получились сомнительные.

родности устройства нерва въ обѣ стороны по длинѣ, еще тѣмъ, что гальваническіе эффекты его возбужденія (см. ниже) распространяются въ обоихъ направленіяхъ съ одинаковой легкостью.

Выше было уже разъ сказано, что всякое нарушеніе цѣлости нерва, наприм., перерѣзкой, перетягиваніемъ ниткой и т. п., дѣлаетъ невозможнымъ переходъ возбужденія черезъ разрушенный участокъ, какъ бы малъ онъ не былъ. Фактъ этотъ, въ связи съ возбудимостью нерва во всѣхъ точкахъ по его длинѣ даетъ уже право предположить, что передвиженіе возбужденія по нерву заключается въ преемственной передачѣ возбуждающихъ импульсовъ отъ одной точки къ другой, на подобіе толчка черезъ рядъ упругихъ соприкасающихся шаровъ или взрыва пороховой дорожки, преемственно распространяющагося отъ одной порошинки къ другой. Если при этомъ всѣ члены упругаго или взрывчатаго ряда устроены совершенно одинаково, то эффектъ толчка, сообщеннаго ряду съ одного конца, передается на другой безъ ослабленія. Въ нервѣ мы видимъ тоже самое: *возбужденіе, распространяясь по длинѣ нерва, не усиливается и не ослабѣваетъ.*

Строгое доказательство этому будетъ приведено ниже (см. фазовые токи въ нервѣ и мышцѣ) на нервахъ лягушки и мышцахъ человѣка; теперь же я ограничусь приведеніемъ факта, дѣлающаго крайне вѣроятнымъ, что и по нервнымъ путямъ у человѣка возбужденіе распространяется безъ замѣтнаго ослабленія. Если бы оно существовало, то мы не могли бы не чувствовать разницы въ условіяхъ произвести волей малѣйшее движеніе пальца руки и ноги; а между тѣмъ такой разницы мы положительно не чувствуемъ, несмотря на то, что нервный путь отъ головнаго мозга до стопы, по крайней мѣрѣ, въ полтора раза длиннѣе пути до ручной кисти.

Чтобы закончить перечень особенностей проведенія воз-

бужденій по нерву и перейти затѣмъ къ вопросу о самомъ процессѣ возбужденія, необходимо отступленіе.

Необходимо именно познакомиться съ наиболѣе употребительными способами искусственнаго раздраженія нервовъ.

Наблюдать эффекты такого раздраженія всего удобнѣе на т. назыв. нервно-мышечномъ лягушечьемъ препаратѣ— сѣдалищномъ нервѣ, выдѣленномъ изъ тѣла вмѣстѣ съ голенью и стопою или въ связи съ одной икряной мышцей. Въ послѣднемъ случаѣ мышца связывается обыкновенно съ рычагомъ міографа, и сокращенія ея записываются на закопченной поверхности вращающагося барабана. Если при этомъ имѣется въ виду не только измѣрять величину укороченій, но также изучать явленія во времени, то къ вращающемуся барабану придается времяизмѣрительный приборъ, состоящій въ сущности изъ звучащаго камертона извѣстной высоты (слѣдовательно, извѣстнаго числа колебаній въ секунду), къ одной ножкѣ котораго привинченъ легкій штифтъ, приводимый въ соприкосновеніе съ накопченной поверхностью.

Если камертонъ звучитъ во время вращенія барабана, то ножка его оставляетъ на закопченной поверхности слѣдъ въ видѣ волнистой линіи (ab), въ которой отстояніе вершинъ каждыхъ двухъ сосѣднихъ зигзаговъ соотвѣтствуетъ продолжительности одного колебанія. Употребляются камертоны въ 100 и 250 колебаній въ секунду; въ послѣднемъ случаѣ получается возможность измѣрить графически $^1/_{250}''$—$^1/_{1000}''$, т. е. тысячныя доли секунды.

Раздражать нервъ (какъ это было уже выяснено въ мышечной физіологіи) всего удобнѣе батарейными или индукціонными токами. Объ употребленіи батарейнаго тока я скажу ниже въ другомъ мѣстѣ; здѣсь же опишу наиболѣе употребительный индукціонный аппаратъ дю Буа-Реймона (называемый саннымъ), который даетъ возможность

дѣйствовать на нервъ какъ одиночными индукціонными токами или ударами разной силы, такъ и рядами ихъ (тетанизировать нервъ).

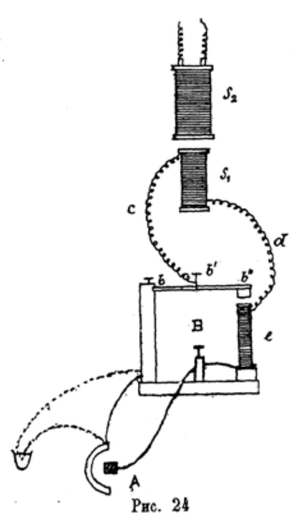


Рис. 24

На приложенномъ схематическомъ рисункѣ всѣ части аппарата (А гальван. элементъ, В прерыватель тока, S_1 первичная, S_2 вторичная спираль) представлены въ томъ видѣ, въ какомъ онъ даетъ прерывистый рядъ индукціонныхъ ударовъ во вторичной спирали S_2. Каждый такой ударъ или токъ, длящійся милліонныя доли секунды, развивается въ S_2, какъ извѣстно, въ моменты, когда замыкается и размыкается токъ, идущій по первичной спирали; стало быть частота ударовъ соотвѣтствуетъ промежуткамъ времени между каждымъ замыканіемъ, размыканіемъ и новымъ замыканіемъ тока. Достигается это въ описываемомъ аппаратѣ слѣдующимъ образомъ. Отъ элемента А токъ идетъ въ вертикальный металлическій столбикъ, въ верхній конецъ котораго плотно вставлена металлическая пластинка b съ желѣзнымъ наконечникомъ b". Середина этой пластинки приведена въ соприкосновеніе съ металлическимъ подвижнымъ сверху внизъ винтомъ b'; слѣдовательно токъ идетъ къ b, входитъ отсюда въ винтъ b', проходитъ (черезъ c) по первичной спирали; направляется отсюда въ спираль e, которая окружаетъ стержень мягкаго желѣза,

стоящій какъ разъ подъ желѣзнымъ наконечникомъ молоточка b″, но не соприкасающійся съ нимъ; и выйдя изъ спирали e возвращается черезъ f (участокъ между B и e) и g (участокъ между B и A) къ элементу.. Словомъ, токъ замкнутъ и идетъ по кругу AbbcSdefgA. Но, если токъ замкнутъ, то спираль e намагничиваетъ лежащій въ ней желѣзный стержень; послѣдній притягиваетъ b″ внизъ, токъ въ мѣстѣ соприкосновенія bb″ съ b′ размыкается, стержень спирали e перестаютъ быть магнитомъ; упругій молоточекъ возвращается въ прежнее положеніе; и лишь только онъ коснется винта b′, снова повторяется то, что было описано. Молоточекъ приходитъ слѣдовательно въ непрерывное колебаніе, то замыкая токъ первичной спирали (когда колеблется вверхъ), то размыкая его (при обратномъ колебаніи). Если при этомъ нажимать bb″ винтомъ внизъ и уменьшать разстояніе между b″ и стержнемъ спирали e, то замыкательные и размыкательные удары учащаются. Такимъ образомъ аппараты самаго простаго устройства даютъ отъ 15 до 50 ударовъ въ 1″. При этомъ токи въ 2-й спирали получаются вертящіеся, т. е. мѣняютъ направленіе отъ каждаго замыканія къ размыканію. Въ концѣ kk

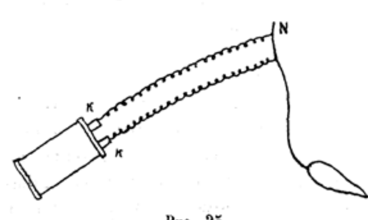


Рис. 25.

вторичной спирали (рис. 25) вставляются проволоки, которыми приводятся токи къ нерву N въ любыхъ двухъ точкахъ по его длинѣ.

Если хотятъ дѣйствовать одиночными ударами, то молоточекъ bb″ нажимаютъ винтомъ b′ до соприкосновенія съ стержнемъ спирали e; перерываютъ проволоку отъ A къ столбику съ винтомъ b, одинъ конецъ ея (обѣ поло-

вины проволоки обозначены на рисункѣ пунктированными линіями) держатъ постоянно погруженнымъ въ чашечку со ртутью, а другой, состоящій изъ ртути, или только погружаютъ въ нее — тогда получается въ S_2 одинъ замыкательный ударъ, или вынимаютъ изъ ртути, причемъ въ S_2 развивается размыкательный токъ. Въ аппаратѣ дю Буа-Реймона спираль S_2 двигается по деревяннымъ рельсамъ и можетъ по произволу быть приближаема и удаляема отъ S_1, причемъ токи то усиливаются, то ослабѣваютъ.

Познакомившись съ этимъ видомъ раздраженія нервовъ, мы можемъ идти въ описаніи явленій проведенія возбужденій далѣе.

До 1850 г. существовало предположеніе, что возбужденіе передается по нервамъ съ быстротою въ родѣ скорости распространенія свѣта—такъ ничтоженъ кажется съ виду промежутокъ времени между легкимъ прикосновеніемъ къ кожѣ напр. руки и чувствованіемъ этого прокосновеніи, или промежутокъ времени между намѣреніемъ произвесть движеніе и наступленіемъ движенія. Неосновательность такого предположеніи доказана знаменитыми опытами Гельмгольтца, который предложилъ два способа измѣрять скорость распространенія возбужденій по длинѣ нервовъ и примѣнилъ ихъ сначала къ двигательному нерву лягушки, а потомъ и къ человѣку. Изъ этихъ способовъ я опишу однако только графическій, потому что другой неудобенъ для общепонятнаго изложенія.

Если приложить къ сѣдалищному нерву лягушки (ab) съ икряной мышцей (A) раздраженіе въ видѣ одиночныхъ индукціонныхъ ударовъ сначала въ точкахъ mn, потомъ въ

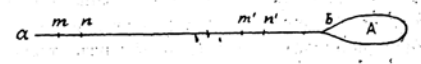


Рис. 26.

m'n'; то въ первомъ случаѣ возбужденію предстоитъ болѣе длинный путь (nb) до мышцы, чѣмъ во второмъ (n'b): слѣдовательно, сокращеніе ея послѣдуетъ за вторымъ ударомъ скорѣе, чѣмъ за первымъ; и промежутокъ времени между началами обоихъ сокращеній, очевидно, будетъ соотвѣтствовать времени передвиженія возбужденія по нерву отъ n къ n'. Но если длина пути nn' и время запаздыванія 1-го сокращенія противъ 2-го извѣстны, то имѣются всѣ данныя для опредѣленія искомой скорости—длина пути и время передвиженія по оному:

Такъ, если nn'=3 стм., а время западыванія 1-го сокращенія равно 1/1000", то искомая скорость будетъ 30 метровъ въ 1".

Но какъ измѣрить такую маленькую величину, какъ 1/1000"?

Измѣряется она косвенно, графически. Къ верхнему обводу быстро вращающагося вокругъ вертикальной оси полаго металлическаго барабана A (съ закопченной поверхностью (рис.27) припаяна тонкая платиновая спица B; а надъ нею укрѣплена стеклянная воронка C, съ тонкимъ вытечнымъ отверстіемъ, наполняемая для опыта ртутью.

Когда барабанъ приходитъ во вращеніе, вытекающая изъ C тонкая струя ртути пересѣкается спицей B одинъ разъ при каждомъ оборотѣ, что соотвѣтствуетъ замыканію и мгновенно слѣдующему за нимъ размыканію тока въ первичной спирали S_1, именно замыканію и размыканію цѣпи $CDEFS_1GABC$ (разумѣется, когда конецъ проволоки D опущенъ въ чашечку со ртутью). При этомъ во вторичной спирали развиваются, какъ мы уже знаемъ, два удара, замыкательный и размыкательный, но настолько сближенные другъ съ другомъ, что дѣйствуютъ на нервъ, какъ одинъ ударъ. Съ поверхностью того же барабана приведенъ въ соприкосновеніе пишущій рычагъ K міографа, связанный съ мышцей (икряной) M, выдѣленной изъ тѣла лягушки съ сѣдалищнымъ нервомъ N. Къ послѣднему идутъ отъ

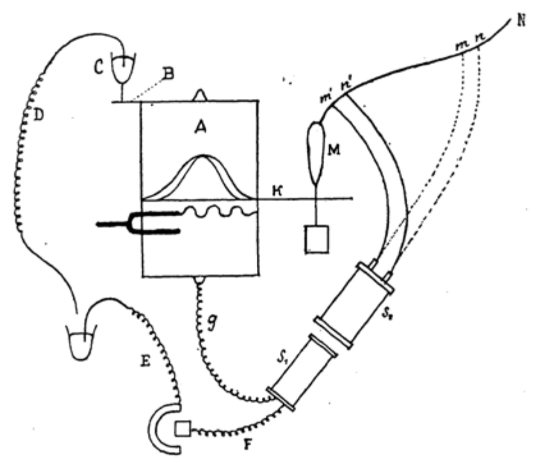


Рис. 27.

вторичной спирали раздражающіе приводы сначала къ точкамъ m'n' потомъ къ точкамъ mn. Понятно, что нервъ раздражается ударомъ въ то мгновеніе, когда спица перерѣзываетъ ртутную струю, и проволока D опущена въ чашечку со ртутью. Съ поверхностью того же барабана приведенъ наконецъ въ соприкосновеніе звучащій камертонъ въ 250 колебаній въ 1″.

Опытъ дѣлается такъ. Раздражающіе электроды приложены къ нерву въ точкахъ m'n'; проволока D не опущена въ ртуть, и барабанъ пущенъ въ ходъ. Пока конецъ D внѣ ртути, перерѣзываніе ртутной струи спицей B не можетъ дать сокращенія, потому что цѣпь спирали S_1 между D и E разомкнута. Но какъ только барабанъ, развертѣвшись, достигъ значительной скорости вращенія, проволоку D опускаютъ въ ртуть и вслѣдъ за происшедшимъ сокраще-

ніемъ вынимаютъ вонъ. Тоже самое повторяется во второй разъ, когда мѣстомъ раздраженія нерва служатъ точки mn. Въ результатѣ получаются на барабанъ двѣ кривыя сокращенія мышцы, а подъ ними кривая колебаній камертона, въ которой городки отстоятъ другъ отъ друга на $^1/_{250}''$. Этомъ отстояніемъ и измѣряютъ, насколько удалены другъ отъ друга вѣтви кривыхъ сокращеній.

Такимъ образомъ получается время запаздыванія одного сокращенія передъ другимъ; а длина nn′ измѣряется прямо.

Для лягушечьяго нерва скорость распространенія возбужденія Гельмгольтцъ нашелъ около 30 метровъ въ 1″, а на двигательномъ нервѣ человѣка туже скорость вдвое больше, около 60 метровъ въ 1″.

Находка эта имѣетъ очень важное теоретическое значеніе, давая возможность приравнивать нервный процессъ сравнительно не быстротечнымъ актамъ въ родѣ упомянутаго выше преемственнаго воспламененія пороховой дорожки отъ одной порошинки къ другой.

Итакъ, со стороны проведенія возбужденій нервы характеризуются слѣдующими особенностями:

1) процессъ проведенія возбужденій во всѣхъ нервахъ считается одинаковымъ.

2) нарушеніе цѣлости нерва въ самомъ маленькомъ участкѣ по длинѣ перерѣзкой, перетягиваніемъ ниткой и пр., дѣлаетъ проведеніе черезъ этотъ участокъ невозможнымъ;

3) возбужденіе идетъ по нервнымъ волокнамъ (осевымъ цилиндрамъ) изолированно другъ отъ друга;

4) нервъ проводитъ возбужденіе въ обѣ стороны по длинѣ съ одинаковой легкостью;

5) скорость его распространенія по нервамъ сравнительно незначительна;

6) распространяясь по нерву, оно не усиливается и не ослабѣваетъ.

Теперь соберемъ факты, касающіеся самаго акта возбужденія.

Если взять два нервно мышечныхъ препарата, и нервъ одного изъ нихъ раздражать (АВ), а другой оставлять въ покоѣ, то въ состояніи мышцъ огромная разница—мышца

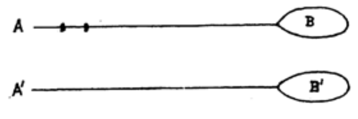


Рис. 28.

В сокращается, а B' молчитъ; въ нервахъ же никакой видимой разницы нѣтъ—оба совершенно неподвижны. Пробовали производить наблюденія надъ прозрачными частями тѣла, не замѣтно ли какихъ-либо движеній въ раздражаемыхъ мелкихъ вѣтвяхъ нервовъ подъ микроскопомъ; но и тутъ результатъ оказался отрицательный.

А между тѣмъ по длинѣ возбужденнаго нерва, очевидно, идетъ какое-то движеніе, распространяющееся даже съ опредѣленной скоростью.

Процессъ въ возбужденномъ нервѣ происходитъ между частицами недоступными нашимъ чувствамъ—это процессъ молекулярный.

До сороковыхъ годовъ не было найдено ни единаго (косвеннаго) объективнаго признака, которымъ отличался бы возбужденный нервъ отъ покоющагося. Такой признакъ найденъ знаменитымъ основателемъ современнаго ученія о животномъ электричествѣ берлинскимъ физіологомъ **дю-Буа-Реймономъ**, и это составляетъ его безсмертную заслугу.

Изучая электрическія явленія на мышцахъ и нервахъ во время покоя этихъ органовъ и при искусственномъ раздраженіи ихъ, онъ нашелъ именно, что

пока нервъ и мышца живы, въ нихъ развиваются одинаковыя электрическія явленія при условіи, когда они приходятъ въ тетаническое возбужденіе, все равно, вызвано ли послѣднее индукціонными токами, рядомъ механическихъ

ударовъ или наконецъ произведено отравленіемъ животнаго стрихниномъ. Къ этому онъ прибавилъ, что электрическое движеніе распространяется по нерву въ обѣ стороны отъ мѣста раздраженія съ одинаковой легкостью и не переходитъ черезъ перевязанныя или перерѣзанныя мѣста нерва.

Такимъ образомъ дю-Буа-Реймонъ доказалъ, что открытое имъ явленіе, (см. ниже) возникая только въ живомъ нервѣ и живой мышцѣ, не завися отъ природы раздражителя и не переходя черезъ разрушенныя мѣста нерва, представляетъ прямого выразителя процесса возбужденія мышцы и нерва. Позднѣе, ученикъ дю-Буа, Бернштейнъ къ этимъ доказательствамъ прибавилъ новое и наиболѣе вѣское. Онъ доказалъ именно, что электрическое движеніе въ тетанизируемомъ нервѣ распространяется по его длинѣ съ тою же скоростью, какъ измѣренная Гельмгольтцомъ скорость распространенія возбужденія.

Здѣсь, въ интересѣ лицъ, знакомыхъ съ основами физическаго ученія о гальванизмѣ, я сдѣлаю вставку, дающую понятіе объ электрическихъ явленіяхъ въ нервахъ и мышцахъ (наблюденія дѣлаются обыкновенно на лягушкахъ).

1) Въ мышцахъ, находящихся въ нормальныхъ условіяхъ, при ихъ покоѣ, токовъ нѣтъ.

2) Для нервовъ это не доказано, но въ виду полной аналогіи явленій возбужденія въ томъ и другомъ органѣ, это въ высшей степени вѣроятно.

3) Въ мышцахъ и нервахъ, выдѣленныхъ изъ тѣла съ пораненіемъ въ какомъ бы то ни было мѣстѣ ихъ поверхности, развиваются токи, причемъ пораненныя и сосѣднія съ ними мѣста относятся къ непораненнымъ электро-отрицательно.

4) Токи эти, называемые „покоющимися токами нервовъ и мышцъ“, развиваются при пораненіи и въ другихъ орга-

нахъ, наприм., въ кожѣ, кускахъ печени и даже въ частяхъ растеній.

5) Обнаруживаются они всякими очень чувствительными гальваноскопами; но наиболѣе употребительными служатъ гальванометры съ зеркальнымъ считываніемъ отклоненій, съ аперіодическимъ магнитомъ, большимъ числомъ оборотовъ и астазирующимъ придаткомъ.

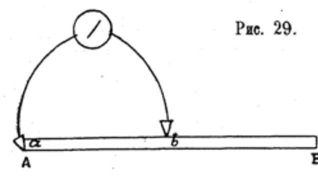


Рис. 29.

6) Наиболѣе сильныя отклоненія получаются при отведеніи къ гальванометру пораненнаго и наиболѣе удаленнаго отъ него непораненнаго мѣста. Для мышечнаго или нервнаго отрѣзка AB этому соотвѣтствуетъ отведеніе къ гальванометру мѣста, гдѣ нервъ или мышца перерѣзаны пополамъ (отъ поперечнаго разрѣза a) къ серединѣ b отрѣзка.

7) Если мышца или нервъ, выдѣленные изъ тѣла, раздражаются въ какомъ-нибудь мѣстѣ по длинѣ одиночнымъ индукціоннымъ ударомъ, то въ обѣ стороны отъ раздражаемаго мѣста распространяется электрическое движеніе, обнаруживаемое гальванометромъ (т. е. отклоненіемъ его стрѣлки) и соотвѣтствующее слѣдущему общему закону: *возбужденныя точки относятся электроотрицательно къ точкамъ, до которыхъ не успѣло еще дойти возбужденіе.*

Такъ, если нервъ или мышца MN получаютъ индукціонный ударъ въ O, и участки ab и a'b', отведенные къ гальванометрамъ, лежатъ по обѣ стороны O, то вслѣдъ за ударомъ въ отведенныхъ участкахъ возникаютъ токи, идущіе по гальванометрамъ въ направленіи стрѣлокъ. Но это длится чрезвычайно короткое время, потому что, съ одной стороны, при летучести раздраженія (индукціонный ударъ длится милліонныя доли секунды), возбужденныя точки быстро успокаиваются (въ мышцѣ черезъ тысячные доли,

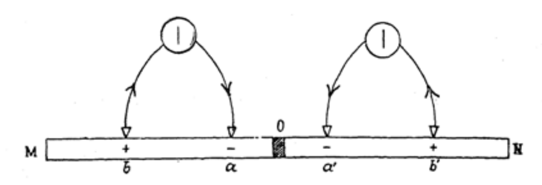


Рис. 30.

а въ нервѣ черезъ 10-тысячныя доли секунды); съ другой возбужденіе, при сравнительной скорости его распространенія, быстро достигаетъ точекъ b и b′. Если въ этотъ моментъ точки a' и a уже успокоились, то b′ и b′ относятся къ нимъ электроотрицательно. Значитъ, токъ по гальванометру пойдетъ въ обратномъ направленіи (отъ a и a′ къ b и b′). Первоначальный токъ представляетъ первую фазу явленія, а послѣдовательный— вторую. Отъ того Германнъ и назвалъ ихъ фазовыми токами. Понятно, что если раздраженіе нерва или мышцы въ точки 0 производится рядомъ индукціонныхъ ударовъ, и удары эти слѣдуютъ, наприм., съ частотою 50 разъ въ секунду; то между двумя любыми точками по длинѣ нерва или мышцѣ за каждымъ ударомъ будутъ развиваться послѣдовательно та и другая фаза, потому что обѣ успѣютъ возникнуть и потухнуть въ промежутокъ между сосѣднимиударами. Если, напр., точки a и b нерва N, отведенныя къ гальванометру, отстоятъ другъ отъ друга на 3 стм. и настолько же удалены отъ мѣста раздраженія p, а раздраженіе производится 50 ударами въ 1″, то первая фаза возникаетъ въ ab черезъ $^{1}/_{1000}''$ по-

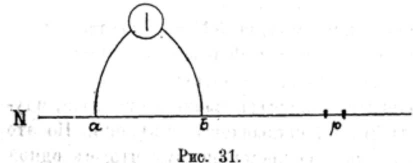


Рис. 31.

слѣ каждаго удара, именно лишь только возбужденіе пройдетъ участокъ pb = 3 стм.; еще черезъ $^1/_{1000}{}''$ возбужденіе доходитъ до a, а точка b успѣваетъ уже успокоиться, потому что въ ней возбужденіе длится $^7/_{10\cdot000}{}''$. Значитъ, обѣ фазы длятся всего $^1/_{1000} + ^7/_{10\cdot000}{}''$; да къ этому нужно еще прибавить $^1/_{1000}{}''$ — время отъ удара до начала 1-ой фазы. Такимъ образомъ, черезъ $^{27}/_{10000}{}''$ отъ каждаго удара фазы успѣютъ возникнуть и потухнуть; а промежутокъ времени между двумя ударами длится болѣе $^{20}/_{1000}{}''$, т. е. болѣе $^1/_{50}{}''$ (длится $^1/_{49}{}''$).

Если бы при этомъ возбужденіе распространялось по нерву съ убылью, то въ точку a (болѣе удаленную отъ мѣста раздраженія) оно приходило бы болѣе слабымъ, чѣмъ въ точку b — измѣненіе нерва въ a въ сторону электроотрицательности было бы слабѣе, чѣмъ въ точкѣ b, и эта сравнительная слабость 2-й фазы передъ первой повторялась бы за каждымъ ударомъ. Понятно, что тогда совокупность первыхъ фазъ пересиливала бы совокупность вторыхъ, и стрѣлка гальванометра отклонилась бы въ сторону первыхъ фазъ. Но этого не бываетъ: когда отъ нерва отведены двѣ точки по его длинѣ, то тетанизація никакого измѣненія въ положеніи стрѣлки не производитъ. Другими словами, обѣ фазы между любыми двумя точками по длинѣ нерва всегда равны между собою. Отсюда же по необходимости слѣдуетъ, что *возбужденіе распространяется по длинѣ нерва безъ убыли.*

Подобные же опыты производилъ знаменитый кенигсбергскій физіологъ Л. Германнъ надъ мышцами предплечія живаго человѣка, которое отводилось къ гальванометру въ двухъ мѣстахъ по длинѣ (a и b), а тетанизировались подмышечные нервы. Здѣсь тоже оказалось равенство обѣихъ фазъ, т. е. распространіе возбужденія безъ убыли [1]). Измѣ-

[1]) На вырѣзанныхъ изъ тѣла мышцахъ лягушки возбужденіе распространяется наоборотъ съ убылью.

ряя при этихъ опытахъ промежутокъ времени отъ начала 1-ой фазы до наступленія второй, онъ получилъ возможность опредѣлить скорость распространенія возбужденія по

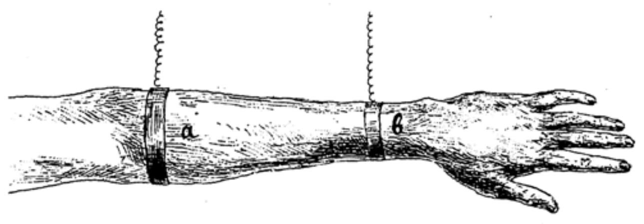


Рис. 32.

длинѣ живыхъ мышцъ у человѣка, такъ какъ измѣренный имъ промежутокъ времени соотвѣтствуетъ передвиженію возбужденія отъ a къ b. Такимъ образомъ онъ нашелъ, что скорость эта равна 13 метрамъ въ секунду.

Выше было сказано, что когда нервъ отведенъ къ гальванометру двумя точками по длинѣ, то тетанизація его

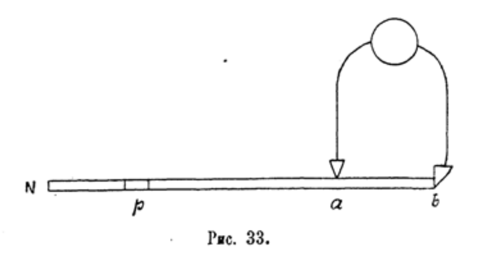


Рис. 33.

[1]) При этихъ опытахъ мышца растягивается настолько сильно, чтобы она не могла при тетанизаціи нерва укорачиваться, и тѣмъ не менѣе отклоненіе стрѣлки происходитъ, указывая на независимость гальваническаго процесса отъ сокращенія мышцы—фактъ, съ которымъ мы уже встрѣтились въ главѣ о движеніи.

индукціонными, т. е. вертящимися по направленію токами не вліетъ на положеніе стрѣлки. Если же нервъ отведенъ поперечнымъ разрѣзомъ и точкой по длинѣ, какъ показано на приложенной схемѣ, то тетанизація въ p (или вообще какого-бы то ни было мѣста нерва внѣ отведеннаго участка ab) оказываетъ вліяніе на гальванометръ: *стрѣлка, отклоненная покоющимся токомъ, двигается при тетанизаціи назадъ и совершенно то же наблюдается на тетаризуемой съ нерва мышцѣ.*

Это и есть то знаменитое явленіе „отрицательнаго колебанія токовъ" въ нервѣ и мышцѣ, открытое **дю-Буа-Реймономъ** въ сороковыхъ годахъ, о которомъ мы говорили выше.

Объясняется оно слѣдующимъ образомъ. Вслѣдствіе пораненія, поперечный разрѣзъ нерва или мышцы становится электроотрицательнымъ, и это измѣненіе не усиливается волнами возбужденія, слѣдующими за каждымъ ударомъ тетанизирующихъ токовъ и подходящими къ поперечному разрѣзу. Поэтому въ участкѣ, отведенномъ къ гальванометру (въ ab) за каждымъ ударомъ развивается только первая фаза, причемъ непораненная точка, отведенная къ гальванометру (a) дѣлается каждый разъ электроотрицательной. Значитъ, эффекты первыхъ фазъ, суммируясь другъ съ другомъ, ослабляютъ электрическую противоположность между отведенными точками (между a и b)— токъ между ними вслѣдствіе этого ослабѣваетъ.

Подобныя же явленія наблюдались позднѣе на железахъ кожи (на лягушкѣ и кошкѣ) при раздраженіи отдѣлительныхъ нервовъ; и очень вѣроятно, что ими сопровождаются всѣ вообще отдѣлительные процессы. Еще позднѣе явленія отрицательнаго колебанія наблюдались на зрительномъ нервѣ (лягушки) при освѣщеніи глаза свѣтомъ, и подобныя же явленія на спинномъ и головномъ мозгу лягушки. Есть по этому поводъ думать, что электрическія движенія вообще сопровождаютъ дѣятельности нервной системы и рабочихъ органовъ. Къ сожалѣнію, истинная ве-

личина этихъ измѣненій не можетъ быть опредѣлена даже на мышцахъ и нервахъ — отъ тѣхъ и другихъ мы получаемъ лишь вѣтви образующихся въ нихъ токовъ, и послѣдніе, развиваясь преемственно между сосѣдними точками, конечно, несравненно сильнѣе, чѣмъ токи тѣхъ сравнительно длинныхъ участковъ, отъ которыхъ отводятся къ гальваноскопамъ вѣтви.

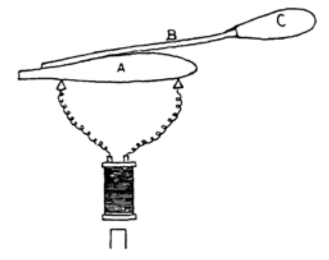
Какъ бы то ни было, благодаря изученію электрическихъ явленій на покоющихся и дѣятельныхъ органахъ, мы знаемъ, *что отрывистые механическіе или электрическіе толчки вызываютъ въ состояніи нервовъ и мышцъ летучія (т. е. преходящія) измѣненія, болѣе летучія въ нервахъ чѣмъ въ мышцахъ—сопровождающіяся столь же летучимъ развитіемъ электрическихъ токовъ—распространяющіяся по длинѣ волоконъ преемственно безъ убыли и съ разными скоростями для нервовъ (60 м. въ 1" у человѣка) и мышцъ (13 м. въ 1")*.

Отсюда мы сдѣлаемъ пока одинъ очень вѣроятный выводъ, именно что процессъ возбужденія въ мышцахъ и въ нервахъ одинаковъ, и будемъ вести ихъ сравнительное изученіе далѣе, именно со стороны условій искусственнаго возбужденія тѣхъ и другихъ.

При дѣйствіи на нервы и мышцы батарейныхъ токовъ неизмѣнной силы, тѣ и другія *возбуждаются преимущественно колебаніями силы раздражающаго тока* въ ту и другую сторону и возбуждаются тѣмъ сильнѣе, чѣмъ быстрѣе колебаніе,— всего сильнѣе при началѣ и концѣ дѣйствія тока [1]). Чувствующіе снаряды возбуждаются все время, пока дѣйствуетъ токъ, но и здѣсь, колебанія его сопровождаются усиленіемъ ощущенія. На глаза, остававшіяся въ темнотѣ, даже не сильный свѣтъ дѣйствуетъ ослѣпляюще. Наоборотъ, при переходѣ изъ сильно освѣщенной въ полуосвѣщенную комнату, послѣдняя кажется въ первое мгновеніе совершенно

[1]) Потому что тогда сила тока мгновенно наростаетъ отъ нуля до извѣстной величины—при замыканіи, и мгновенно же падаетъ до нуля при размыканіи.

темной. Для руки, бывшей опущенной въ холодную воду, теплая вода кажется горячей, и наоборотъ.



Рос. 34.

Къ раздраженiямъ одинаковой силы нервъ чувствительнѣе мышцы. Доказывается это слѣдующимъ образомъ: на вырѣзанную изъ тѣла лягушки икряную мышцу накладываютъ сѣдалищный нервъ B, связанный съ другою мышцею C, и черезъ мышцу A пропускаютъ отдѣльные индукцiонные удары, усиливая ихъ до тѣхъ поръ, пока не получится эффектъ;— сокращенiе мышцы C всегда начинается ранѣе, т. е. при болѣе слабомъ раздраженiи; а между тѣмъ нервъ B и мышца A находятся въ совершенно одинаковыхъ условiяхъ въ отношенiи дѣйствiя на нихъ раздражающаго тока (густота тока въ нервѣ и мышцѣ одинакова).

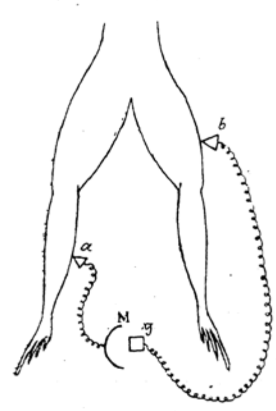


Рис. 35.

При *раздраженiи нервовъ и мышцъ батарейными токами возбужденiе выходитъ при замыканiи тока изъ отрицательнаго полюса, а при размыканiи изъ положительнаго* (тоже самое, когда токъ усиливается и ослабѣваетъ). На мышцахъ это доказывается слѣдующимъ образомъ. Берутъ обнаженныя отъ кожи заднiя конечности лягушки и попеременно то замыкаютъ, то раз-

мыкаютъ батарейный токъ (если нужно, ослабляя его введеніемъ въ цѣпь сопротивленій), приложенный такимъ образомъ, чтобы электроды (концы проводниковъ тока) a и b лежали на мышцахъ не одной а разныхъ ногъ. Тогда при замыканіи вздрагиваютъ напримѣръ мышцы около b (это отрицательный полюсъ батареи, состоящей изъ цинка и мѣди), а при размыканіи въ a.

На нервѣ тоже самое доказывается такъ: въ сѣдалищномъ нервѣ лягушки, выдѣленномъ съ мышцами голени, смачиваютъ участокъ, напр. ab, амміакомъ, который тотчасъ же убиваетъ это мѣсто нерва, не уничтожая въ послѣднемъ способности проводить токъ (не возбужденіе!); и затѣмъ концы батарейнаго тока прикладываютъ однимъ электродомъ къ убитому участку, а другимъ между нимъ и мышцей. Если къ точкѣ c приложенъ конецъ, идущій отъ цинка (отрицательный полюсъ батареи), то при замыканіи тока мышцы вздрагиваютъ, а при размыканіи молчатъ. Если же въ c лежитъ положительный конецъ батареи, то получается обратное.

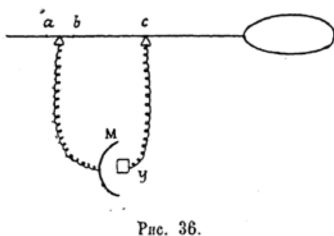


Рис. 36.

Возбужденіе нервовъ и мышцъ при размыканіи дѣйствующаго на нихъ батарейнаго тока происходитъ оттого, что въ нихъ, по прекращеніи послѣдняго, развивается токъ обратнаго направленія (т. наз. поляризаціонный токъ).

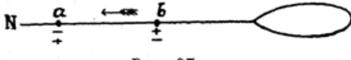


Рис- 37.

Стало быть, если въ точкѣ b нерва N лежалъ положительный полюсъ, и токъ шелъ по ab отъ b къ a, то, вслѣдъ за

размыканіемъ, по участку ab будетъ идти токъ въ обратномъ направленіи, какъ будто къ нерву N былъ приложенъ батарейный токъ положительнымъ полюсомъ въ a, а отрицательнымъ въ b. При этомъ точка b очевидно должна становиться фокусомъ возбужденія. Развитіе поляризаціонныхъ токовъ въ нервахъ-мышцахъ доказано не только для батарейныхъ, но и для индукціонныхъ токовъ. Понятно, что въ послѣднемъ случаѣ они представляютъ явленіе столь же или даже болѣе летучее, чѣмъ возбужденіе, произведенное первичнымъ дѣйствіемъ индукціоннаго удара, такъ какъ вторичный поляризаціонный токъ слабѣе первичнаго, вызвавшаго поляризацію.

Итакъ, со стороны условій искусственнаго возбужденія между нервомъ и мышцей полнѣйшая аналогія: *и тамъ и здѣсь оно стоитъ въ прямой связи съ такимъ измѣненіемъ въ состояніи ихъ частицъ, которое происходитъ на отрицательномъ полюсѣ приложенныхъ къ нимъ батарейныхъ токовъ.*

Но это не все—главный результатъ сравненія заключается въ томъ, что оно даетъ ключъ ко всей картинѣ электрическихъ явленій въ нервахъ и мышцахъ какъ при покоѣ, такъ и при дѣятельности ихъ, вызвана ли послѣдняя искусственными раздраженіями (электрическими и механическими), или естественными импульсами. Припомнимъ въ самомъ дѣлѣ: покоющіеся токи развиваются только потому, что пораненныя (слѣдовательно измѣненныя!) мѣста нервовъ и мышцъ относятся электроотрицательно къ непораненнымъ; токи при возбужденіяхъ возникаютъ только потому, что возбужденныя точки относятся электроотрицательно къ покоющимся. Припомнимъ наконецъ, что явленія отрицательнаго колебанія токовъ въ нервахъ получаются и подъ вліяніемъ естественныхъ импульсовъ (раздраженіе глаза свѣтомъ, стрихнинный тетанусъ, отрицательныя колебанія въ спинномъ и продолговатомъ мозгу). Но въ этомъ длинномъ ряду существеннѣйшихъ аналогій между мышцей и

и нервомъ оказываются два съ виду очень рѣзкія различія:

1) въ нервѣ, при его возбужденіи не открыто ни развитія тепла, ни тѣхъ химическихъ измѣненій, т. е. признаковъ распада вещества, которыми сопровождается дѣятельность мышцъ;

2) нервъ, въ отличіе отъ мышцы, выноситъ искусственное раздраженіе, именно тетанизацію индукціонными токами, часъ безъ устали.

Оба эти пункта я разберу вмѣстѣ, начиная со второго.

Неутомляемость нерва доказывается наиболѣе наглядно слѣдующимъ опытомъ. Лягушку отравляютъ кураре (который парализуетъ только концы двигательнаго нерва, не парализуя мышцъ!) настолько сильно, чтобы раздраженіе двигательнаго нерва оставляло мышцу въ покоѣ, и настолько слабо, чтобы параличъ движенія былъ явленіемъ преходящимъ; отпрепаровываютъ одинъ только сѣдалищный нервъ, не нарушая кровообращенія въ соотвѣтствующей ногѣ, перерѣзаютъ его въ верхней части бедра и, вынувъ отпрепарованный кусокъ нерва (оставшагося въ связи съ мышцами голени и стопы!) изъ раны, тетанизируютъ индукціонными токами. Пока дѣйствуетъ отрава, продолжающееся непрерывно раздраженіе оставляетъ мышцы въ покоѣ, слѣдовательно онѣ не утомляются, но едва параличъ начинаетъ проходить, появляются сокращенія. Значительно ранѣе этого, Гейденгайнъ наблюдалъ подобное же на слюно-отдѣлительномъ нервѣ подчелюстной железы собаки—выдѣленіе слюны продолжалось часы при непрерывномъ раздраженіи барабанной струны; здѣсь стало быть неутомляемъ не только нервъ, но и железа. Разница же въ этомъ отношеніи между мышцей и нервомъ настолько велика, что дала даже поводъ одному изъ изслѣдователей вопроса сводить ее на принципіальную разницу процессовъ возбужденія мышцъ и нерва. Сопоставивъ именно фактъ неутомляемости послѣдняго съ тѣмъ,

что при возбужденіи въ немъ не находятъ ни развитія тепла, ни признаковъ распада вещества, онъ пришелъ къ мысли, что процессъ возбужденія въ нервѣ не связанъ, какъ въ мышцѣ, съ разложеніемъ вещества. Однако противъ этой мысли говоритъ слѣдующій длинный рядъ фактовъ.

Когда въ нервѣ, при его возбужденіи, возникаютъ электрическіе токи, то причиной ихъ возникновенія могутъ быть только химическія измѣненія въ состояніи возбужденныхъ частицъ, потому что другіе извѣстные изъ физики причины развитія токовъ къ нервамъ и мышцамъ не приложимы; а возникновеніе ихъ изъ химическихъ перемѣнъ, наоборотъ, объясняетъ дѣйствіе отрицательнаго полюса и доказанное **Германномъ** существованіе въ нервахъ поляризаціонныхъ токовъ даже при дѣйствіи индукціонныхъ ударовъ. Въ ту же сторону говоритъ измѣненіе нерва въ мѣстахъ пораненія, ведущее за собою возникновеніе покоющихся токовъ—оно можетъ быть только химическимъ, потому что представляетъ постепенный переходъ отъ живаго состояніи частичекъ нерва къ смерти. Наконецъ противъ химической неизмѣняемости нервовъ говоритъ аналогія ихъ съ мышцами со стороны условій ихъ возбужденія, такъ какъ для мышцъ доказана связь между возбужденіемъ (не сокращеніемъ!) и химическимъ переворотомъ въ ея ткани. Но отчего же въ нервѣ нѣтъ, или по крайней мѣрѣ не найдено, прямыхъ признаковъ разложенія вещества? Отчасти, можетъ быть, потому что въ нервѣ они гораздо труднѣе опредѣлимы, чѣмъ въ мышцѣ, вслѣдствіе сравнительной малости его объема и въ особенности малости объема дѣятельнаго въ немъ вещества (осевыхъ цилиндровъ), окруженнаго къ тому же толстымъ міэлиновымъ слоемъ съ швановской оболочкой. Главная же причина отсутствія (можетъ быть лишь кажущагося) такихъ признаковъ заключается въ томъ, что въ возбужденномъ нервѣ процессъ двойственный—рядомъ съ разложеніемъ вещества идетъ

возстановленіе его. Въ сѣтчаткѣ, на концахъ зрительнаго нерва, такая двойственность доказывается прямо слѣдующими фактами: возбужденіе концовъ зрительнаго нерва свѣтомъ есть процессъ несомнѣнно химическій и соотвѣтствуетъ разложенію вещества въ томъ мѣстѣ сѣтчатки, на которомъ рисуется образъ видимаго предмета; а между тѣмъ, кто же не знаетъ, что мы способны видѣть, безъ малѣйшей помѣхи ясности видѣнія, различные предметы послѣдовательно другъ за другомъ черезъ малыя доли секунды. Значитъ, слѣды химическаго разложенія вещества въ сѣтчатки изглаживаются въ теченіе долей секунды— иначе образъ всякаго послѣдующаго предмета долженъ былъ бы сливаться съ образомъ предшествующаго. Что же касается до нервныхъ стволовъ, то здѣсь о распадѣ и возстановленіи можно судить лишь косвенно изъ той, по словамъ Германна, невѣроятно быстрой смѣны явленій возбужденія, поляризаціи и деполяризаціи нерва, которыя слѣдуютъ за каждымъ ударомъ тетанизирующихъ индукціонныхъ токовъ. Кромѣ того изъ главы о движеніи мы знаемъ, что въ возбужденной мышцѣ рядомъ съ распадомъ вещества тоже идетъ возстановленіе, и что первому соотвѣтствуетъ возбужденіе, а второму отдыханіе. Почему же не быть тому же самому и въ нервѣ, да еще въ болѣе сильной степени, такъ какъ онъ оказывается вообще механизмомъ гораздо болѣе подвижнымъ, чѣмъ мышца? Да и можно ли вообще останавливаться на мысли, чтобы нервъ, при его громадной чувствительности къ различнымъ внѣшнимъ вліяніямъ, представлялъ въ возбужденномъ состояніи столь упорную неизмѣняемость? Вѣдь для всего вообще животнаго тѣла, насколько оно выстроено изъ химически неустойчивыхъ веществъ, признано, что фактъ сохраненія его цѣлости достигается тѣмъ, что вещество распадается и возстановляется; и вдругъ одни только нервные стволы составляли бы исключеніе изъ общаго правила. *Итакъ, дѣя-*

тельное вещество живыхъ нервовъ слѣдуетъ представлять себѣ въ видѣ неустойчиваго химическаго соединенія, способнаго подъ вліяніемъ слабыхъ толчковъ распадаться съ развитіемъ живыхъ силъ и снова быстро возстановляться.

Съ этимъ основнымъ свойствомъ уже легко поставить въ связь неутомляемость нерва, чувствительчость его къ раздраженіямъ въ видѣ толчковъ и способность возбуждаться во всѣхъ точкахъ, равно какъ сравнительно медленное передвиженіе возбужденій по длинѣ, безъ ослабленія ихъ въ силѣ. Все это, взятое вмѣстѣ, привело физіологовъ къ мысли, что акту возбужденія нерва соотвѣтствуетъ, какъ въ подожженной дорожкѣ изъ пороха, послойное освобожденіе энергіи по длинѣ.

Таковы господствующія въ настоящее время воззрѣнія на устройство всѣхъ вообще нервовъ, какъ проводниковъ возбужденій.

Отсюда я прямо перехожу къ явленіямъ возбужденія спиннаго и головнаго мозга съ кожныхъ нервовъ, выражающагося движеніями въ сферѣ мышцъ костнаго скелета.

Нервныя явленія, выражающіяся движеніями головы, туловища, рукъ и ногъ, распредѣляются въ четыре физіологически раздѣльныя группы, которымъ соотвѣтствуетъ у позвоночныхъ такое же число раздѣльныхъ нервныхъ аппаратовъ: нервно-мышечный защитительный снарядъ для внѣшней поверхности тѣла, дыхательный, локомоторный и психо-моторный аппараты [1]). Первый изъ нихъ представляетъ сложную систему однородно устроенныхъ частей; приводится въ дѣйствіе не иначе, какъ возбужденіями съ внѣшней поверхности тѣла; дѣйствуетъ не весь разомъ, а отдѣльными частями; дѣйствуя всегда рефлек-

---

[1]) Къ этимъ **4** аппаратамъ слѣдовало бы прибавить 5-й—нервно-мышечный снарядъ, которымъ поддерживается «равновѣсіе тѣла въ разныхъ положеніяхъ», но объ устройствѣ его мы знаемъ очень мало; поэтому, что извѣстно существеннаго, будетъ упомянуто при описаніи локомоціи.

торно, даетъ невольныя (защитительныя) движенія. Дыхательный аппаратъ характеризуется тѣмъ, что, не зависся въ своей дѣятельности отъ внѣшнихъ толчковъ на чувствующія поверхности тѣла, производитъ при нормальныхъ условіяхъ правильно-ритмическія движенія въ опредѣленной группѣ (дыхательныхъ) мышцъ. Дѣятельность локомоторнаго снаряда, хотя тоже ритмическая, но дѣйствіе его распространяется на другія мышцы; возбуждается онъ къ дѣятельности иначе, чѣмъ дыхательный аппаратъ (обыкновенно локомоція носитъ характеръ сенсомоторный)—устроенъ несравненно сложнѣе послѣдняго—насколько локомоція со всѣми ея приспособленіями къ разнообразнымъ условіямъ передвиженія животнаго въ пространствѣ, сложнѣе однообразныхъ дыхательныхъ движеній. Наиболѣе сложнымъ устройствомъ отличается психо-моторный аппаратъ, такъ какъ дѣйствіе его распространяется на всѣхъ перечисленныхъ двигателей тѣла — при его посредствѣ могутъ воспроизводиться всѣ защитательныя, дыхательныя и локомоторныя движенія; характеризуются же его дѣятельности главнымъ образомъ тѣмъ, что производимыя ими явленія носятъ характеръ актовъ, вызываемыхъ внутренними (психическими) побужденіями и опредѣляемыхъ въ ихъ двигательной половинѣ актами воли. Оттого явленія эти носятъ названіе психо-моторныхъ, а двигательную половину ихъ называютъ произвольными движеніями.

Изъ этого бѣглаго перечня уже само собою слѣдуетъ, что центральные части всѣхъ четырехъ снарядовъ должны лежать въ головномъ и спинномъ мозгу, такъ какъ нервные пути отъ кожи идутъ въ головной и спинной мозгъ, и отсюда же выходятъ двигательные нервы къ мышцамъ костнаго скелета. Понятно далѣе, что раздѣльности аппаратовъ должна соотвѣтствовать раздѣльность если не всѣхъ составныхъ частей снарядовъ, то по крайней мѣрѣ тѣхъ, отъ которыхъ зависятъ главнымъ образомъ разницы въ ихъ

дѣйствіи, и мы сейчасъ увидимъ, что центральныя части нашихъ снарядовъ лежатъ въ разныхъ мѣстахъ спинно-мозговой оси.

Выяснить это всего удобнѣе на примѣрахъ.

Если человѣку причинить внезапно боль въ какомъ бы то ни было мѣстѣ кожи, напр. сильно уколоть палецъ руки, то эффектъ можетъ быть троякій: прежде чѣмъ почувствовать боль, человѣкъ можетъ невольно отдернуть руку, невольно вскрикнуть и, почувствовавъ боль, сдѣлать какое-нибудь уже осмысленное движеніе; а животное, при подобныхъ условіяхъ, сверхъ всего прочаго, можетъ пуститься бѣжать. Значитъ, раздраженіемъ кожи можно вызвать къ дѣятельности всѣ четыре аппарата (крикъ предполагаетъ сильное и быстрое выдыханіе). Посмотримъ же, что происходитъ въ нервной системѣ позвоночнаго животнаго, напр. лягушки, когда раздраженіе кожи (напр. лапки задней ноги) вызываетъ перечисленный рядъ явленій.

Опыты показываютъ, что центральныя части защитительныхъ снарядовъ кожи туловища и конечности лежатъ въ спинномъ мозгу—для заднихъ лапокъ лягушки въ его задней части; дыхательные центры въ продолговатомъ мозгу (между c и d приложенной схемы); локомоторные кпереди отъ нихъ (между b и c), а психо-моторные въ полушаріяхъ (между a и b). Слѣдовательно, возбужденіе, войдя по кожнымъ нервамъ въ спинной мозгъ (примѣрно въ точкѣ o), должно такъ или иначе пройти по всей длинѣ спиннаго и головнаго мозга, чтобы сообщиться лежащимъ на разныхъ высотахъ центрамъ нашихъ снарядовъ. Значитъ, въ спинно-мозговой оси лежатъ не только центральныя части различныхъ нервныхъ аппаратовъ, но также пути, по которымъ передвигается возбужденіе, то по всей длинѣ оси отъ нервныхъ отдѣ-

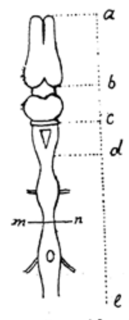


Рис. 38.

ловъ спиннаго мозга до полушарій включительно (когда напр. уколъ задней лапки) ощущается животнымъ какъ боль, и обратно, когда произвольно двигаются пальцы лапки то между отдѣльными пунктами этого пути. Убѣдиться во всемъ этомъ очень легко.

Если отдѣлить отъ прочихъ частей оси одни полушарія (разрѣзомъ на уровнѣ b), то выпадаетъ чувство боли и произвольный характеръ движеній, но отраженная локомоція съ кожи продолжаетъ существовать. Если же отдѣлены и среднія части головнаго мозга (разрѣзомъ на уровнѣ c), то локомоція пропадаетъ, но дыхательныя движенія еще остаются. Съ удаленіемъ продолговатаго мозга (разрѣзомъ по d) послѣднія уничтожаются; но въ рукахъ, ногахъ и туловищѣ остаются всѣ невольныя защитительныя движенія для туловища и конечностей. Если наконецъ спинной мозгъ перерѣзанъ между мѣстами отхожденія нервовъ къ переднимъ и заднимъ конечностямъ (на уровнѣ mn), то съ кожи задней лапки получаются защитительныя движенія только въ заднихъ ногахъ.

Такимъ образомъ, изъ этихъ опытовъ, помимо локализаціи центральныхъ частей нашихъ снарядовъ, оказывается:

1) что передвиженіе возбужденій по спинно-мозговой оси требуетъ, какъ въ нервахъ, цѣлости путей, и

2) что отдѣленіемъ головнаго мозга отъ спиннаго (по d) изолируется отъ вліяній послѣдняго вся система защитительныхъ, снарядовъ кожи туловища и конечностей.

Значитъ, явленія въ сферѣ послѣднихъ снарядовъ наблюдаются въ наиболѣе чистой формѣ на обезглавленныхъ животныхъ (всего удобнѣе на лягушкѣ).

Защитительный снарядъ кожи.

Когда у лягушки (какъ и у всякаго другого животнаго) отдѣленъ головной мозгъ отъ спиннаго, то тѣло ея можетъ оставаться неподвижнымъ дни; но стоитъ причинить ей ма-

лѣйшее раздраженіе, напр. щипнуть слегка пинцетомъ какое ни на есть мѣсто кожи, и тотчасъ появляются движенія съ такимъ характеромъ, какъ будто животное старается избавиться отъ насилія, оттолкнувъ раздражителя или устранивъ отъ него раздражаемую часть тѣла. При этомъ, смотря по мѣсту, силѣ и продолжительности раздраженія, двигательныя реакціи измѣняются по обширности ихъ распространенія (отъ движеній одного пальца до сокращенія чуть не всѣхъ мышцъ 4 конечностей), по направленію и внѣшнему виду движеній (отъ одиночнаго вздрагиванія до длиннаго ряда періодическихъ движеній). Но за явленіями тѣмъ не менѣе остается неизмѣннымъ ихъ основной характеръ: *движеніе всегда слѣдуетъ машинообразно роковымъ образомъ за раздраженіемъ и всегда направлено къ защитѣ раздражаемаго мѣста отъ причиненнаго насилія.*

Насколько послѣднее дѣйствуетъ всегда мѣстно на отдѣльныя участки кожи, настолько нашъ аппаратъ, представляющій систему однообразно устроенныхъ частей, дѣйствуетъ ими въ раздробь; и насколько каждое изъ такихъ мѣстныхъ проявленій его дѣйствія носитъ рефлекторный характеръ, проявленія эти справедливо носятъ общее названіе кожно-мышечныхъ рефлексовъ. Значитъ, изучаемый нами аппаратъ можно разсматривать какъ собраніе машинообразно устроенныхъ рефлекторныхъ снарядовъ, въ составъ каждаго изъ которыхъ входятъ: отдѣльный участокъ кожи съ его проводниками (сигнальными нервами) къ центру, соотвѣтственный участокъ дѣйствующихъ въ рефлексѣ мышцъ съ проводниками къ нему изъ нервныхъ центровъ и наконецъ извѣстный участокъ спиннаго мозга, въ которомъ лежитъ отражательный центръ. Съ этой исходной точки зрѣнія мы и станемъ изучать устройство, распредѣленіе по тѣлу и общія свойства рефлекторныхъ снарядовъ.

Изъ анатоміи извѣстно (см. приложенную схему), что нервы родятся изъ спиннаго мозга съ обѣихъ сторонъ справа и слѣва) симметрично на разныхъ высотахъ, въ видѣ

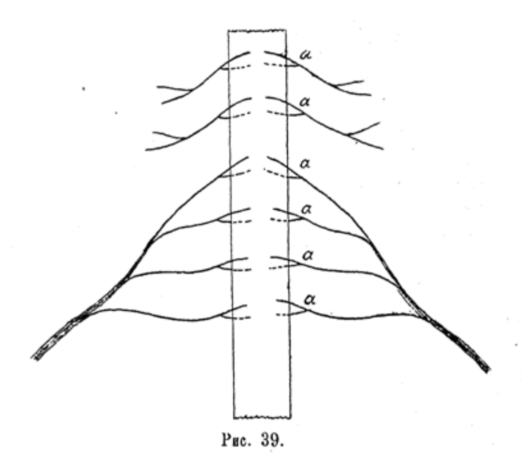


Рис. 39.

пучковъ, отходящихъ отъ его передней и задней поверхности и извѣстныхъ подъ именемъ *переднихъ и заднихъ корешковъ спиннаго мозга.*

Въ позвоночникѣ корешки лежатъ отдѣльно другъ отъ друга, но по выходѣ изъ него тотчасъ же сливаются въ общіе стволики (а, а, а, на схемѣ), которые или прямо подходятъ къ тканямъ, гдѣ развѣтвляются, или сливаются предварительно другъ съ другомъ въ нервные стволы большей и большей величины, образуя такимъ образомъ нервныя сплетенія (плечевое для рукъ, пояснично-крестцовое для ногъ и тазовыхъ органовъ у человѣка). Однако, въ томъ и другомъ случаѣ всякій нервный стволъ, вышедшій изъ спиннаго мозга, всегда оказывается состоящимъ изъ волоконъ переднихъ и заднихъ корешковъ. Значеніе же послѣднихъ выясняетъ слѣдующій рядъ физіологическихъ опытовъ.

Лягушкѣ вырѣзываютъ съ одной стороны кости и мышцы

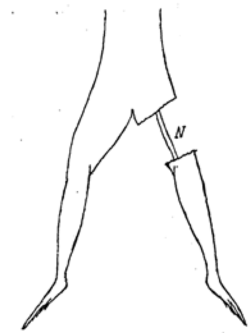


Рис. 40.

бедра, оставивъ голень и стопу въ связи съ тѣломъ только при посредствѣ сѣдалищнаго нерва (N). Если при этомъ нетронутъ ни головной, ни спинной мозги, то видно, что черезъ нервъ (N) передаются въ голень и стопу оперированной стороны произвольныя движенія, и черезъ него же передаются въ центры возбужденія кожи. Стоитъ напр. въ минуты покоя животнаго ущипнуть хоть палецъ лапки оперированной стороны, и раздраженіе тотчасъ же вызываетъ двигательную реакцію. Если такой опытъ дѣлается на обезглавленной лягушкѣ, то произвольныя движенія, конечно, выпадаютъ, но раздраженія кожи какъ здоровой, такъ и оперированной ноги вызываютъ и теперь отраженныя движенія съ той и другой стороны. Значитъ, по нашему нервному стволу (N) идутъ возбужденія какъ отъ кожи къ центрамъ, такъ и отъ нихъ къ мышцамъ; слѣдовательно онъ состоитъ изъ сигнальныхъ (чувствующихъ) и двигательныхъ волоконъ.

Другой опытъ.—Сѣдалищный нервъ лягушки каждой стороны образуется изъ сліянія нѣсколькихъ паръ переднихъ и заднихъ корешковъ спиннаго мозга, отходящихъ отъ задней трети послѣдняго: слѣдовательно, происхожденіе его изъ спиннаго мозга вѣрно передаетъ нижняя половина предъидущей схемы, въ которой пунктированныя линіи пусть обозначаютъ передніе корешки, а сплошныя—задніе. Лягушкѣ вскрываютъ заднюю половину позвоночника и перерѣзаютъ, напримѣръ, слѣва всѣ задніе корешки сѣдалищнаго сплетенія, а справа всѣ передніе. Тогда на животномъ съ нетронутымъ головнымъ мозгомъ получается

слѣдующее: лѣвая нога не чувствуетъ самыхъ сильныхъ раздраженій—ее можно рѣзать, жечь, и животное остается совершенно покойно; но рядомъ съ этимъ въ ногѣ сохраняется нормальная подвижность—лягушка двигаетъ ею произвольно и рефлекторно. Въ правой же ногѣ потеряна подвижность—она парализована и волочится, какъ плеть когда животное передвигается; но въ ней вполнѣ сохранилась чувствительность кожи. Стоитъ слегка щипнуть эту ногу, и тотчасъ же появляются всѣ обычные спутники причиняемой животному боли - остается неподвижной только та самая нога, кожу которой раздражали. Явно, что по переднимъ корешкамъ идутъ нервныя волокна къ мышцамъ, а по заднимъ къ кожѣ—*переднiе корешки суть двигательные, а заднiе чувствующiе.*

Понятно, что если такой опытъ дѣлать на лягушкѣ съ удаленнымъ головнымъ мозгомъ, то выпадаютъ только произвольныя движенiя:—съ кожи ноги, сохранившей подвижность, тогда нельзя вызвать рефлексовъ, но она приходитъ въ рефлекторное движенiе, когда раздражается кожа другой неподвижной ноги.

Теперь слѣдовало бы говорить объ отражательномъ центрѣ, т. е. соединительномъ звенѣ между сигнальными и двигательными волокнами, по которому передается возбужденiе съ первыхъ на послѣднiя. Къ сожалѣнiю, свѣдѣнiя наши объ его устройствѣ въ высшей степени недостаточны. Достовѣрно извѣстно лишь слѣдующее:

1) Центральныя связи всего тѣснѣе между волокнами заднихъ и переднихъ корешковъ своей стороны и своего уровня. Это вытекаетъ изъ того, что съ участковъ кожи, соотвѣтствующихъ даннымъ заднимъ корешкамъ, всего легче возбуждаются мышцы на той же сторонѣ тѣла, получающiя волокна изъ переднихъ корешковъ того же уровня.

2) Связующiя звенья между передними и задними ко-

решками лежатъ въ сѣромъ веществѣ спиннаго мозга, который можно уподобить бѣлому шнурку и тянущейся по всей его длинѣ сѣрой сердцевинѣ.

3) Войдя сюда, въ видѣ обнаженнаго осеваго цилиндра, каждое первичное волокно заднихъ корешковъ разсыпается кисточкой на составныя волоконца, окончательная судьба которыхъ остается однако неизвѣстной. Осевые же цилиндры волоконъ переднихъ корешковъ кончаются каждый въ клѣтку съ нѣсколькими вѣтвистыми отростками. Такія клѣтки, по ихъ положенію въ сѣромъ веществѣ, называютъ клѣтками переднихъ роговъ. Дѣло въ томъ, что сердцевина спиннаго мозга имѣетъ въ поперечномъ разрѣзѣ такую фигуру, изъ за которой его переднія доли называются передними, а заднія—задними рогами. Все это схематически изображено на приложенномъ рисункѣ поперечнаго разрѣза спиннаго мозга. Лѣвая половина сѣраго вещества съ входящими и выходящими изъ него корешками заштрихована. Въ правой половинѣ изображено вхожденіе (отъ А) первичнаго волокна въ заднія рога сѣраго вещества, съ разсыпаніемъ его осеваго цилиндра на кисточку волоконецъ; а спереди, изъ вѣтвистой клѣтки переднихъ роговъ выходитъ осевой цилиндръ волокна переднихъ корешковъ[1]).

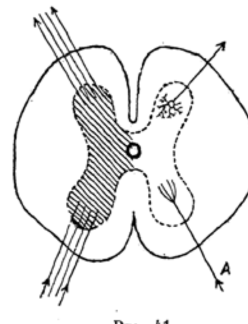


Рис. 41.

[1]) Здѣсь будетъ умѣстно сообщить въ основныхъ чертахъ недавно возникшую «теорію нейроновъ», какъ элементовъ, изъ которыхъ выстроена нервная система. Анатомы давно уже различали въ нервной системѣ три основныя формы элементовъ: цѣльные осевые цилиндры; части ихъ, т. е.

Такимъ образомъ даже наиболѣе тѣсная въ физіологическомъ смыслѣ связь между волокнами заднихъ и переднихъ корешковъ своей стороны и своего уровня остается для насъ неизвѣстной—знаемъ съ достовѣрностью лишь то. что въ составъ искомыхъ нами „отражательныхъ центровъ“ входятъ нервныя клѣтки переднихъ роговъ—образованія во всякомъ случаѣ отличныя по формѣ отъ чистыхъ проводниковъ нервныхъ возбужденій, т, е. нервныхъ волоконъ.

Ниже увидимъ, что центръ нашъ отличается отъ нихъ (и отъ мышцъ) нѣкоторыми другими свойствами; но для этого намъ необходимо познакомиться предварительно съ распредѣленіемъ кожно-мышечныхъ отражательныхъ аппаратовъ въ тѣлѣ и такъ называемыми явленіями распространенія рефлексовъ.

Кожа, мускулатура и спинной мозгъ съ выходящими изъ него нервами представляетъ у позвоночныхъ двѣ сим-

---

нервныя волоконца, въ видѣ сѣтей, и наконецъ нервныя клѣтки. Вся спинно-мозговая ось по всей своей длинѣ выстроена изъ этихъ элементовъ: въ сѣромъ веществѣ головнаго и спиннаго мозга преобладаютъ сѣти волоконецъ и нервныя клѣтки, а въ бѣломъ веществѣ господствуютъ цѣльные осевые цилиндры съ міэлиновой обкладкой. Давно извѣстно далѣе, что нервныя клѣтки, или по крайней мѣрѣ соотвѣтствующія имъ образованія, равно какъ разсыпавшіеся на части осевые цилиндры, встрѣчаются и на периферіи нервной системы во всѣхъ дѣятельныхъ тканяхъ тѣла; а соединительными звеньями между такими снарядами и центральной осью служатъ нервы, т. е. опять-таки цѣльные осевые цилиндры, тянущіеся иногда у человѣка болѣе чѣмъ на аршинъ безъ перерыва, (а у такихъ большихъ животныхъ, какъ слонъ, чуть не на сажень). Наконецъ въ морфологіи нервной системы давно установленъ фактъ, что каждое первичное волокно спинно-мозговаго нерва представляетъ на своихъ концахъ периферическомъ и центральномъ, или разсыпаніе осеваго цилиндра на волоконца, или вхожденіе въ нервную клѣтку. Такимъ образомъ матеріалъ, изъ котораго выстроена вся нервная система былъ уже давно на лицо; но не доставало объединяющей мысли, которая

метрично устроенныя половины, правую и лѣвую; и такую же симметрію представляетъ система отражательныхъ механизмовъ. Лѣвая половина тѣла снабжается рефлекторными снарядами изъ лѣвой половины спиннаго мозга, правая изъ правой; нервы и центры для кожи и мышцъ правой и лѣвой руки лежатъ на одной высотѣ; для кожи и мышцъ живота тоже, но ниже предъидущихъ; а нервы и центры для ногъ еще ниже.

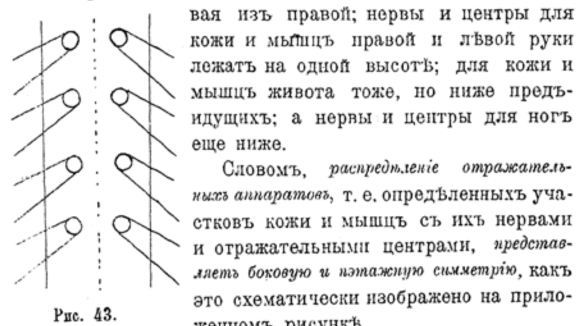


Рис. 43.

Словомъ, *распредѣленіе отражательныхъ аппаратовъ*, т. е. опредѣленныхъ участковъ кожи и мышцъ съ ихъ нервами и отражательными центрами, *представляетъ боковую и этажную симметрію*, какъ это схематически изображено на приложенномъ рисункѣ.

Доказывается то и другое слѣдующимъ образомъ. Обезглавленной лягушкѣ вскрываютъ позвоночникъ и дѣлятъ продольными разрѣзами переднюю часть спиннаго мозга по длинѣ на правую и лѣвую половину. Тогда центральныя мѣста рожденія нервовъ для правой и лѣвой руки

привела бы его въ порядокъ. Это именно сдѣлано современной теоріей нейроновъ. По этой теоріи, нервная система выстроена изъ элементовъ, *нейроновъ*, которые представляютъ сочетаніе всѣхъ трехъ простѣйшихъ элементовъ: нервной клѣтки, цѣльнаго осеваго цилиндра и кисточки нервныхъ во-

Рис. 42.

локонецъ. Сочетаясь другъ съ другомъ въ цѣпи, они образуютъ пути, по которымъ передвигается возбужденіе въ периферическихъ и центральныхъ частяхъ нервной системы, видоизмѣняясь въ тѣхъ частяхъ нейроновъ, которыя нельзя считать простыми проводниками возбужденій.

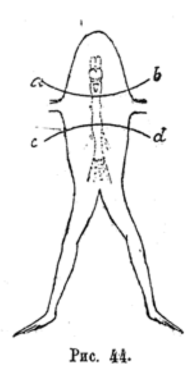


Рис. 44.

будутъ отдѣлены другъ отъ друга, а между тѣмъ рефлексы въ рукахъ съ кожи на мышцы своей стороны сохраняются. Если же тѣло лягушки перерѣзать пополамъ на уровняхъ ab и cd, подъ продолговатымъ мозгомъ и между мѣстами отхожденія нервовъ къ переднимъ и заднимъ конечностямъ, то защитительный аппаратъ туловища и его придатковъ распадается на двѣ половины, изъ которыхъ каждая продолжаетъ дѣйствовать т. е. отвѣчать защитительными движеніями на раздраженіе кожи. Туловище животныхъ съ сильно вытянутымъ тѣломъ въ длину (напр. змѣи или угря) можно разрѣзать на столько кусковъ, сколько въ туловищѣ позвонковъ, и въ каждомъ кускѣ сохраняются рефлексы съ кожи, лишь бы мѣсто выхожденія нервовъ изъ позвоночника приходилось противъ серединъ кусковъ.

Что касается до распространенія рефлексовъ, то съ чисто внѣшней стороны явленія заключаются въ слѣдующемъ. Если обезглавленной лягушкѣ раздражать наприм. очень слабо палецъ задней лапки, то онъ одинъ и двигается; если же раздраженіе нѣсколько усилить, то движеніе распространяется на большее число мышцъ—нога или сгибается въ нѣсколькихъ сочлененіяхъ, если была вытянута, или наоборотъ разгибается, если была согнута. Съ дальнѣйшимъ усиленіемъ раздраженія, движеніе съ ноги распространяется на мышцы руки своей стороны, позднѣе переходитъ съ лѣвой стороны тѣла на правую и т. д. Въ основѣ же всего этого лежитъ, такъ сказать, законъ защиты кожи отъ внѣшнихъ насилій. Животное реагируетъ на насиліе или тѣмъ, что отталкиваетъ отъ себя раздражителя или удаляетъ отъ него раздражаемую часть, причемъ пускаетъ въ ходъ

главныя орудія защиты кожи—переднія и заднія конечности. Если человѣку причинить внезапно боль раздраженіемъ кожи ноги, то онъ отдернетъ ногу; но вмѣстѣ съ тѣмъ двинетъ рукой къ раздражаемому мѣсту, чтобы устранить раздраженіе. У человѣка главное орудіе защиты кожи рука; а у лягушки—главная не рука, а нога, потому что лапкой задней ноги она можетъ прикоснуться ко всѣмъ точкамъ туловища, рукъ и головы на своей сторонѣ и отчасти на противуположной. Убѣдиться въ этомъ очень легко, повѣсивъ обезглавленную лягушку вертикально и раздражая сильно разведенной водою кислотой кожу въ разныхъ мѣстахъ тѣла. Раздраженіе кожи правой руки заставляетъ подниматься лапку правой задней ноги вверхъ къ мѣсту раздраженія; и тоже самое производитъ раздраженіе любой точки кожи на животѣ или спинѣ съ правой стороны; но въ этихъ случаяхъ къ раздражаемому мѣсту направляется (т. е. опускается внизъ) и другое орудіе защиты—рука правой стороны. Совершенно тотъ же смыслъ остается за явленіемъ, когда къ мѣсту раздраженія кожи наприм., праваго бедра приближается лапка лѣвой задней ноги, или опускается правая рука. На основаніи такой законности можно заранѣе предсказать, что раздраженіе кожи по серединной линіи тѣла должно вызывать движеніе въ обѣихъ заднихъ конечностяхъ лягушки, что и наблюдается на самомъ дѣлѣ.

Рядомъ съ тѣмъ, какъ измѣняется направленіе движеній, въ зависимости отъ положенія тѣла, мѣста и силы раздраженія, измѣняется и характеръ ихъ, смотря потому, какъ дѣйствуетъ на кожу раздраженіе. На зудъ въ кожѣ и человѣкъ и животное реагируютъ иначе, чѣмъ на летучій уколъ,—реагируютъ чесательными движеніями. Тоже дѣлаетъ и обезглавленная лягушка: щипокъ кожи пинцетомъ вызываетъ обыкновенно одиночное движеніе, а смоченныя слабой кислотой мѣста кожи она третъ лапкой ноги или руки, какъ бы стараясь смыть раздражителя; причемъ ко-

нечность, конечно, производитъ не одно, а періодическій рядъ движеній. Суть дѣла здѣсь въ томъ, что на длительное возбужденіе съ кожи спинно-мозговые центры реагируютъ перерывистыми движеніями,

Къ этой картинѣ нормальной дѣятельности кожно-мышечнаго аппарата необходимо прибавить въ заключеніе слѣдующій важный пунктъ. Если лягушку отравить стрихниномъ, введя ей подъ кожу одинъ маленькій кристалликъ яда, тотчасъ же обезглавить и оставить въ покоѣ, то по истеченіи нѣкотораго времени дѣйствіе яда выразится слѣдующимъ образомъ: одного легкаго прикосновенія къ кожѣ бываетъ достаточно, чтобы вызвать сильнѣйшую судорогу во всѣхъ мышцахъ тѣла [1]).

Значитъ, отъ каждой точки кожи идутъ по спинному мозгу пути ко всѣмъ мышцамъ костнаго скелета; но при нормальныхъ условіяхъ, возбужденіе никогда не распространяется на всѣ пути разомъ, а идетъ, такъ сказать опредѣленными дорожками, притомъ, какъ сказано было выше, по однимъ легче, по другимъ болѣе и болѣе трудно, какъ бы встрѣчая на этихъ путяхъ препятствія разной величины.

Отъ этой картины явленій перехожу къ опытному изученію ихъ. Здѣсь первый голосъ долженъ былъ бы принадлежать анатоміи; но мы видѣли, что она не въ силахъ рѣшить даже сравнительно простѣйшаго вопроса о связи между волокнами заднихъ и переднихъ корешковъ своей стороны и своего уровня; тѣмъ болѣе безсильной она оказывается въ вопросахъ о путяхъ распространенія рефлексовъ по длинѣ спиннаго мозга [2]). Къ сожалѣнію, и физіоло-

---

[1]) Явленіе особенно рѣзко при цѣлости головнаго мозга.

[2]) Чтобы читатель понялъ, почему задачи эти не разрѣшимы для анатоміи, слѣдуетъ припомнить, что спинной мозгъ имѣетъ видъ стержня, состоящаго изъ сѣрое сердцевины съ бѣлой обкладкой. Сердцевину по всей длинѣ

гическіе опыты частичныхъ перерѣзокъ спиннаго мозга на различныхъ высотахъ могутъ выяснить эти вопросы лишь въ самыхъ грубыхъ чертахъ. Они показали лишь слѣдующее: въ составъ торныхъ путей распространенія рефлексовъ входятъ волокна бѣлыхъ столбовъ—въ большей мѣрѣ волокна передней, чѣмъ задней половины спиннаго мозга; но сѣрое вещество и само по себѣ способно проводить возбужденіе какъ сзади напередъ, такъ и обратно. Въ виду послѣдняго обстоятельства и того факта, что всѣ волокна бѣлыхъ столбовъ, соединяющія центральныя части рефлекторныхъ снарядовъ, родятся изъ сѣраго вещества спиннаго мозга, есть поводъ думать, что всеобщему возбужденію этихъ снарядовъ на обезглавленной лягушкѣ, при отравленіи ея стрихниномъ, соотвѣтствуетъ одновременное возбужденіе путей по сѣрому и бѣлому веществу спиннаго мозга, тогда какъ при нормальныхъ условіяхъ возбужденіе

стержня можно сравнить съ жгутомъ изъ ваты съ вкрапленными въ него мелкими узелками. Но вата представляетъ густую сѣть волоконъ видимыхъ еще глазомъ, сѣрое же вещество есть столь же густая сѣть микроскопическихъ волоконецъ, видимыхъ лишь при сильныхъ увеличеніяхъ и къ тому же только въ очень тонкихъ слояхъ. Узелки—это опять микроскопическія образованія—клѣтки съ вѣтвистыми отростками, концы которыхъ невидимы даже при сильныхъ увеличеніяхъ. И изъ такой-то сердцевины родятся волокна, составляющія ея бѣлую обкладку. Видѣть эти волокна въ тонкихъ разрѣзахъ легко; но выслѣдить ихъ судьбу по длинѣ спиннаго мозга при помощи микроскопа невозможно. Поэтому распредѣленіе путей между центрами спиннаго мозга и отъ нихъ къ центрамъ головнаго изучается косвенно: наблюдаютъ перерожденіе извѣстной группы волоконъ при разрушеніяхъ въ томъ или другомъ мѣстѣ, пользуются данными изъ исторіи постепеннаго развитія частей спинномозговой оси; сравниваютъ другъ съ другомъ на разныхъ высотахъ въ поперечныхъ разрѣзахъ площади, занимаемыя соотвѣтственными частями спиннаго мозга; наконецъ пользуются данными вскрытія на больныхъ, страдавшихъ пораженіями центральной нервной системы и представлявшихъ при жизни опредѣленные недочеты въ нервныхъ явленіяхъ.

идетъ по волокнамъ бѣлыхъ столбовъ. Въ пользу этого говоритъ еще то обстоятельство, что у лягушекъ съ частичнымъ разрушеніемъ торныхъ путей, напр. въ одной половинѣ спиннаго мозга, оказываются для рефлексовъ въ самой половинѣ окольные пути, въ обходъ пораненнаго мѣста—пути, которые миновать сѣрое вещество непораненной половины спиннаго мозга не могутъ.

Это и все—нужно только прибавить, что соотвѣтственная система защитительныхъ снарядовъ кожи головы (собственно, лица) представлена чувствующими волокнами тройничнаго нерва и двигательными личнаго, съ ихъ центрами въ продолговатомъ мозгу.

Опыты искусственнаго возбужденія спиннаго мозга съ сигнальныхъ нервовъ дали больше результатовъ; но для того, чтобы они были понятны, получаемые эффекты раздраженія нообходимо сравнивать съ дѣйствіемъ такихъ же раздраженій на двигательный нервъ съ его мышцей, ибо только при этомъ условіи выступаютъ ясно тѣ перемѣны въ явленіяхъ возбужденія, которыя приносятъ съ собою нервные центры. Если бы, въ самомъ дѣлѣ нервный путь отъ кожи до мышцъ состоялъ сплошь изъ нервныхъ волоконъ, то эффекты должны были бы получаться одинаковые прикладывается ли раздраженіе къ сигнальному или двигательному нерву—разница была бы только въ степени удаленія мѣста раздраженія отъ мышцы. Дѣйствительная же разница между этими случаями заключается въ томъ, что раздраженіе, падающее на сигнальные нервы, передается мышцѣ не иначе, какъ черезъ нервныя волокна + отражательный центръ, а во второмъ случаѣ только черезъ волокна.

То и другое изображено на приложенныхъ схемахъ: въ a раздражается сигнальный нервъ отражательнаго аппарата, въ . двигательный нервъ мышцы.

Раздражать на обезглавленной лягушкѣ всего удобнѣе сѣдалищный нервъ, отпрепарованный по длинѣ бедра и

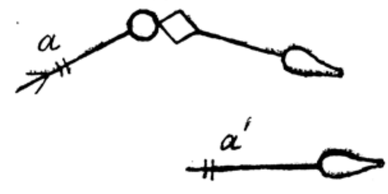


Рис. 46.

перерѣзанный въ подколѣнной впадинѣ, а отраженныя движенія наблюдать на мышцахъ рукъ.

Эффекты раздраженія индукціонными токами:

	На мышцѣ съ двигательнаго нерва.	На отражат. апп. съ сигнальн. нерва.
a) слабые одиночные удары	одиночныя сокращенія	ничего
b) сильные одиночные удары	болѣе сильн. одиночн. сокращенія	одиночн. вздрагив.
c) рѣдкій рядъ сильныхъ ударовъ	такой же рядъ отдѣльныхъ сокращеній	сливаются въ плавное защительн. движеніе
d) частый рядъ слабыхъ ударовъ	тетанусъ	тоже самое
e) слаб. продолж. тетанизація	тетанусъ во все время раздраженія	летучее защитательн. движеніе
f) продолж. тетанизац. средней силы	тоже самое	перерыв. рядъ движен. съ промежутками покоя
g) сильная продолж. тетанизац.	тоже самое	сначала покой, потомъ перерыв. движен. и наконецъ. всеобщ. тетанусъ
h) прекращ. сильной тетанизац.	прекращеніе тетануса	сильн. движеніе

k) Къ этому присоединяется ослабленіе чувствительности кожи при тетанизаціи, падающее на періоды покоя.

Изъ этихъ опытовъ слѣдуетъ, что наши центры, будучи *менње подвижны чњмъ нервы и даже мышцы въ отношеніи отдњльныхъ*

летучихъ толчковъ, обладаютъ, въ отличіе отъ мышцъ и нервовъ, способностью *суммировать ихъ эффекты*; и чѣмъ слабѣе толчки, тѣмъ чаще они должны слѣдовать другъ за другомъ, чтобы раскачать нервный центръ. Слѣдуетъ думать далѣе, что отъ этихъ толчковъ нервный центръ приходитъ въ свойственныя ему періодическія колебанія (на основаніи описанныхъ выше опытовъ Гельмгольтца и др. надъ звуками, сопровождающими мышечныя сокращенія), результатомъ которыхъ и является плавное защитительное движеніе. Это вѣроятно тѣмъ болѣе, что такія же движенія, предполагающія частый рядъ импульсовъ изъ центра къ мышцѣ [1]), получаются дѣйствіемъ на кожу раздражающихъ жидкостей, которое нельзя представлять себѣ иначе, какъ въ видѣ непрерывнаго возбужденія, именно въ видѣ зуда въ кожѣ. Эффектъ тетанизаціи сигнальныхъ нервовъ, насколько онъ выражается періодически перемажающимися движеніями различныхъ мышечныхъ группъ (поднимателей рукъ къ головѣ и опускателей книзу) опять совпадаетъ съ эффектомъ смачиванія кожи раздражающими жидкостями, т. е. движеніями тренія. Значитъ, спинно-мозговымъ нервнымъ центрамъ должна быть приписана способность производить перерывистый рядъ движеній, когда они приводятся въ непрерывное возбужденіе. Съ подобными же явленіями мы встрѣтимся еще ниже, говоря о нервныхъ механизмахъ дыханія и локомоціи, и тамъ рѣчь о нихъ будетъ подробнѣе. Точно также, разборъ всѣхъ остальныхъ явленій (отсутствіе движеній въ началѣ сильной тетанизаціи и возникновеніе ихъ по ея прекращеніи, ослабленіе чувствительности кожи и наконецъ возможность полученія тетани-

---

[1]) По опытамъ Ловена, у жабы, съ ея сравнительно медленными произвольными движеніями, волевые импульсы слѣдуютъ съ частотою 8 въ 1″; у обыкновенной же лягушки они никакъ не рѣже; а между тѣмъ съ нерва ихъ можно вызвать нѣсколькими сильными ударами съ промежуткомъ чуть не въ 1″.

заціей нерва всеобщаго столбняка, въ родѣ стрихниннаго тетануса) долженъ быть отложенъ до описанія вліяніи головнаго мозга на спинной, такъ какъ всѣ эти явленія получаются при цѣлости нѣкоторыхъ частей головнаго мозга въ несравненно болѣе рѣзкой степени. Теперь же намъ остается упомянуть о способѣ измѣрять рефлекторную способность спинно-мозговой оси (на лягушкѣ).

Мѣра для нея установлена Тюркомъ и основывается на чрезвычайной чувствительности кожи лягушки къ самымъ слабымъ растворамъ кислотъ въ водѣ: 1—2 частей сѣрной кислоты на 1000 частей воды; напримѣръ, чтобы вызвать отраженныя движенія, достаточно, смочить такой жидкостью кожу животнаго въ какомъ-нибудь мѣстѣ. При этомъ оказывается, что, чѣмъ слабѣе кислый растворъ, тѣмъ больше времени протекаетъ отъ момента смачиванія до начала отраженныхъ движеній. Другими словами, эффектъ непрерывнаго возбужденія центровъ съ кожи, возрастая съ продолженіемъ раздраженія постепенно (суммированіемъ его дѣйствія) приводитъ наконецъ центръ въ дѣятельное состояніе, и, конечно, тѣмъ скорѣе, чѣмъ сильнѣе раздражитель, и наоборотъ.

Понятно далѣе, что при данной силѣ раздражителя центръ долженъ придти въ дѣятельность тѣмъ скорѣе отъ начала раздраженіи, чѣмъ онъ возбудимѣе, чѣмъ онъ чувствительнѣе къ толчкамъ, и наоборотъ. Поэтому мѣрой для возбудимости отражательныхъ центровъ можетъ служить, при данной крѣпости кислаго раствора, продолжительность времени отъ начала раздраженія до начала наступленія отраженныхъ движеній. Этимъ путемъ было найдено нѣсколько очень важныхъ фактовъ въ области нервныхъ явленій; но объ нихъ опять будетъ удобнѣе говорить при описаніи вліяній головнаго мозга на спинной.

Электрическія явленія на спинномъ мозгу, въ связи съ дѣятельностями послѣдняго, не были еще предметомъ си-

стематическаго изученія. Пока извѣстно только явленіе отрицательнаго колебанія тока на выдѣленномъ изъ позвоночника въ связи съ сѣдалищными нервами спинномъ мозгѣ лягушки. При этомъ покоющійся токъ отводится (какъ въ нервѣ) отъ поперечнаго разрѣза спиннаго мозга и его продольной поверхности, а раздраженіе (тетанизація) прикладывается къ одному или обоимъ сѣдалищнымъ нервамъ разомъ,

Вопросами о быстротѣ, съ которою происходятъ рефлексы, занимались нѣсколько болѣе и нашли, что рефлексъ по болѣе торнымъ путямъ происходитъ быстрѣе—въ своей половинѣ спиннаго мозга быстрѣе, чѣмъ рефлексъ слѣва направо или наоборотъ.

Нервные механизмы дыхательныхъ движеній. [1])

Самыя главныя черты въ дѣятельности этихъ механизмовъ описаны въ главѣ о дыханіи, поэтому считаю ихъ уже извѣстными читателю. Здѣсь же насъ будутъ занимать, главнымъ образомъ, сходства и разницы между дыхательными механизмами и только что описанными рефлекторными аппаратами спиннаго мозга.

Въ составъ дыхательнаго механизма, при его усиленной дѣятельности, наприм., во время сильной одышки, входятъ едва-ли не всѣ мышцы туловища (и шеи), и нервы этихъ мышцъ родятся разсѣянно чуть не по всей длинѣ спиннаго мозга отъ головы до поясничной его части. А между тѣмъ мѣсто, откуда выходятъ импульсы къ дыхательнымъ мышцамъ, называемое дыхательными центрами, лежитъ въ продолговатомъ мозгу, занимая въ немъ срав-

[1]) Относящіяся сюда явленія изучены почти исключительно на теплокровныхъ животныхъ.

нительно небольшое пространство на днѣ 4-го желудочка, около середины послѣдняго и не во всю глубину продолговатаго мозга [1]). Значитъ, такъ или иначе, но изъ ограниченнаго пространства въ продолговатомъ мозгу должны идти разсѣянно пути къ клѣткамъ переднихъ роговъ чуть не по всей длинѣ спиннаго мозга,—все равно, какъ идутъ пути разсѣянно изъ участковъ кожи къ клѣткамъ переднихъ роговъ по длинѣ спиннаго мозга. Аналогiя эта, или точнѣе, вытекающая изъ нея мысль, что дыхательные центры должны представлять родъ чувствующей поверхности, не случайная, потому что ее можно провести далѣе черезъ всѣ существенныя проявленiя дыхательныхъ движенiй. Въ самомъ дѣлѣ, подобно тому, какъ изъ ограниченнаго участка кожи, при постепенно усиливающемся раздраженiи, возбужденiе распространяется на большее и большее число мышцъ, превращаясь при стрихнинной отравѣ во всеобщiй тетанусъ, такъ и въ дыхательныхъ движенiяхъ, слабому возбужденiю дыхательныхъ центровъ, т. е. покойному дыханiю, соотвѣтствуетъ дѣятельность ограниченнаго числа мышцъ; въ одышкѣ число ихъ возрастаетъ, а при отравѣ стрихниномъ возбуждаются всѣ мышцы. Подобно тому, какъ слабое раздраженiе пальца ноги можетъ выразиться дѣятельностью однихъ только сгибателей, а болѣе сильное приводитъ въ дѣйствiе и ихъ антагонистовъ, такъ и въ дыханiи, когда оно покойно, работаютъ одни вдыхатели, а усиленiе возбужденiя приводитъ въ дѣйствiе и выдыхателей. Подобно, наконецъ, тому, какъ длительное раздраженiе кожи (наприм., смачиванiе кислотой) вызываетъ

[1]) Сказанное относительно дыхательныхъ центровъ вытекаетъ изъ того, что дыхательныя движенiя въ грудной клѣткѣ тотчасъ же прекращаются, какъ только спинной мозгъ отдѣленъ отъ продолговатаго разрѣзомъ подъ 4-мъ желудочкомъ, или только разрушено на нѣкоторомъ протяженiи сѣрое вещество на днѣ послѣдняго.

періодическія движенія, перемежающіяся между различными группами мышцъ; такъ и въ основу дыхательной періодики кладутъ непрерывное раздраженіе дыхательныхъ центровъ кровью.

Насколько эти аналогіи касаются всей внѣшней стороны дыхательной механики, и насколько мѣста приложенія возбужденій мы привыкли связывать съ понятіемъ „чувствующей поверхности“, *настолько дыхательные центры представляютъ дѣйствительно родъ чувствующей поверхности.*

Ей, однако, присущъ цѣлый рядъ особенностей, и между ними стоитъ на первомъ мѣстѣ приписываемая дыхательнымъ центрамъ различная степень возбудимости кровью, въ зависимости отъ газоваго состава послѣдней. Пока спросъ на кислородъ въ тѣлѣ и развитіе въ немъ угольной кислоты держится на одномъ уровнѣ, работа дыхательныхъ мышцъ (измѣряемая количествомъ вводимаго въ легкое за извѣстный промежутокъ времени воздуха) остается неизмѣнной; но лишь только усиливается въ тѣлѣ потребленіе кислорода и развитіе угольной кислоты, тотчасъ же усиливается работа дыхательныхъ движеній и работа сердца. Казалось бы, что при этомъ мѣстами развитія импульсовъ къ усиленію дыхательныхъ движеній должны быть всѣ вообще точки тѣла, гдѣ потребляется кислородъ и развивается угольная кислота; но есть прямой опытъ противъ этого: перевязка брюшной аорты у животнаго не производитъ усиленія дыхательныхъ движеній, а между тѣмъ она должна производить задыханіе въ цѣлой половинѣ тѣла лишая ее притока кислорода. Наоборотъ, прекращеніе притока крови къ продолговатому мозгу, безъ прекращенія его ко всему туловищу съ конечностями вызываетъ явленія задушенія. Если-бы можно было знать, что животное при такихъ опытахъ чувствуетъ одышку, то это было бы поводомъ считать дыхательные центры эквивалентомъ чув-

ствующей поверхности также въ отношеніи къ полушаріямъ мозга.

Но составляетъ-ли описанное отношеніе дыхательныхъ центровъ къ крови дѣйствительно ихъ исключительную особенность? Оказывается, что нѣтъ: на животныхъ съ отдѣленнымъ спиннымъ мозгомъ отъ продолговатаго можно вызвать дыхательныя движенія въ грудной клѣткѣ, повысивъ предварительно раздражительность спиннаго мозга отравой стрихниномъ и производя задушеніе животнаго. При этомъ импульсы изъ продолговатаго мозга въ спинной невозможны; значитъ, ритмика грудной клѣтки вызывается и здѣсь кровью, измѣняющейся при задушеніи. Отсюда, въ связи со всѣмъ предшествующимъ, вытекаетъ слѣдующее положеніе: *представляя по своимъ связямъ съ дыхательными мышцами и какъ мѣста приложенія возбужденій подобіе чувствующей поверхности, дыхательные центры, по своему главному физіологическому свойству возбуждаться кровью, сходны съ спинно-мозговыми центрами, отличаясь отъ нихъ лишь количественно.*

Обращаясь теперь къ процессу возбужденія дыхательныхъ центровъ кровью [1]), мы встрѣчаемъ новое сход-

[1]) Очень характерно, но не вполнѣ объяснимо возникновеніе дыхательныхъ движеній при рожденіи животнаго на свѣтъ. Въ утробной жизни легкое не наполнено воздухомъ, дыхательныхъ движеній нѣтъ, слѣдовательно нервный механизмъ дыханія молчитъ, а между тѣмъ сердце работаетъ и кровь притекаетъ, конечно, къ продолговатому мозгу. Отсутствіе задыханія объясняютъ тѣмъ, что тѣло зародыша получаетъ черезъ дѣтское мѣсто кровью пупочной вены кислородъ изъ крови матери, а пупочными артеріями отдаетъ черезъ него же въ кровь матери угольную кислоту. Подтверждается это тѣмъ, что когда при рожденіи зародыша на свѣтъ, прекращается кровообращеніе по системѣ дѣтскаго мѣста, наступаетъ задушеніе зародыша, вызывающее первое вдыханіе.— Чермакъ, вскрывъ бывшей на сносѣ сукѣ матку и сжимая искусственно пуповину вызывалъ у зародышей дыхательныя движенія. Но отчего въ утробной жизни дыхательные центры не возбуждаются кровью, а по рожденіи на свѣтъ та же причина дѣйствуетъ непрерывно всю жизнь, возбуждая періодическія движенія, неизвѣстно.

ство ихъ съ спинномозговыми центрами. Подобно послѣднимъ, они должны обладать способностью суммировать эффекты слабыхъ толчковъ—безъ этого было бы необъяснимо происхожденіе перерывистыхъ движеній изъ непрерывнаго слабаго возбужденія. Объ этомъ у насъ была уже рѣчь въ главѣ о дыханіи, и тамъ было сказано, что возбужденіе центровъ должно періодически наростать до извѣстной высоты, прежде чѣмъ они становятся способны привести въ дѣйствіе дыхательныя мышцы.

Однимъ этимъ дѣло однако объясняется не вполнѣ. Нужно еще допустить, что, зарядившись энергіей до извѣстной высоты, дыхательные центры выдаютъ на возбужденіе своихъ двигателей такія части полученныхъ зарядовъ, которыя могутъ выполниться лишь въ теченіи извѣстнаго времени продолжающимся слабымъ притокомъ энергіи, и конечно, что чѣмъ легче возбудимы, при прочихъ равныхъ условіяхъ, двигатели, тѣмъ быстрѣе слѣдуютъ другъ за другомъ разряды и тѣмъ они мельче; а при обратномъ условіи, когда возбужденіе двигателей затруднено, должно получиться обратное. Въ главѣ о дыханіи былъ приведенъ образъ, выясняющій эту сторону явленій въ видѣ существованія въ центрахъ препятствій къ ихъ возбужденію. А теперь мы обратимся къ фактамъ, лежащимъ въ основѣ этого воззрѣнія. Между ними по важности стоитъ на первомъ мѣстѣ отношеніе къ дыхательному механизму бродящихъ нервовъ.

Если млекопитающему перерѣзать на шеѣ оба бродящихъ ствола, то дыхательныя движенія становятся значительно рѣже и глубже, но при этомъ величина дыхательной работы, измѣряемая количествомъ вводимаго въ легкое воздуха, не измѣняется, если ее измѣрять, напримѣръ, въ теченіе часа. Если же центральный конецъ одного изъ перерѣзанныхъ нервовъ раздражать слабыми индукціонными токами, то дыхательныя движенія пріобрѣтаютъ нормаль

ный характеръ, т. е. дѣлаются положе и чаще. Отсюда явно слѣдуетъ, что при нормальныхъ условіяхъ ритмъ и глубина дыхательныхъ движеній зависятъ не только отъ возбужденія дыхательныхъ центровъ кровью, но еще отъ какихъ-то постоянныхъ импульсовъ, приносимыхъ къ нимъ откуда-то извнѣ по волокнамъ бродящихъ нервовъ. Это „откуда-то" всего естественнѣе помѣстить въ легочную ткань, куда бродящіе нервы даютъ вѣтви. Стоитъ только представить себѣ, что расширеніе и спаданіе легкаго при дыханіи сопровождается возбужденіемъ этихъ вѣтвей, передающимся нервнымъ центрамъ, и дѣло на половину объяснено. Пока нервы цѣлы, нервные центры возбуждаются непрерывно кровью и періодически изъ легкаго, когда же пути отъ послѣдняго перерѣзаны, возбужденіе послѣдняго рода выпадаетъ. Нѣтъ сомнѣнія, что импульсы изъ легкаго дѣйствуютъ на возбудимость двигательной половины нервныхъ механизмовъ на подобіе стрихнина, потому что, съ усиленіемъ искусственнаго раздраженія (тетанизаціи) бродящаго нерва, дыханія, становясь все чаще и чаще, сливаются наконецъ въ тетанусъ вдыхательныхъ мышцъ.

Противуположное дѣйствіе на дыхательныя движенія производитт тетанизація центральнаго отрѣзка перерѣзаннаго верхняго гортаннаго нерва, который снабжаетъ слизистую оболочку гортани чувствительностью. Здѣсь дыхательныя движенія, становясь при слабомъ раздраженіи болѣе рѣдкими и глубокими, переходятъ съ усиленіемъ раздраженія въ остановку дыханія въ выдыхательной фазѣ съ разслабленнымъ состояніемъ дыхательныхъ мышцъ; а за нею по истеченіи нѣкотораго времени слѣдуетъ усиленное вдыханіе и распространеніе движеній на мышцы туловища и конечностей.

Въ этомъ ряду явленій самую замѣчательную сторону представляетъ фактъ, что раздраженіе чувствующаго нерва, вмѣсто того, чтобы вызывать движеніе, угнетаетъ его, или

по крайней мѣрѣ, угнетаетъ дѣйствіе двигательныхъ импульсовъ. Если, въ самомъ дѣлѣ, остановка дыханія въ выдыхательной фазѣ и расслабленномъ состояніи мышцъ длится хоть 15″, то въ этотъ промежутокъ времени при нормальныхъ условіяхъ животное произвело бы нѣсколько дыханій, потому что возбужденіе центровъ кровью не перерывается. Значитъ, дѣйствіе волоконъ верхне-гортаннаго нерва дѣйствительно прямо противуположно дѣйствію легочныхъ волоконъ бродящихъ нервовъ, производящихъ вдыхательный тетанусъ: эти возбуждаютъ вдыхателей къ дѣйствію, а тѣ угнетаютъ его. Угнетеніе это нельзя однако приписывать упадку возбудимости двигателей, въ родѣ напр. утомленія мышцы, произведеннаго продолжительной дѣятельностью— тогда продолжающееся раздраженіе не могло бы вызвать послѣдующихъ за остановкой дыхательныхъ движеній. Явленіе имѣетъ такой видъ, какъ будто двигательный механизмъ дыханія заторможенъ дѣйствіемъ верхне-гортаннаго нерва, т. е. увеличены препятствія къ его дѣятельности.

По этой причинѣ, Розенталь, открывшій оба дѣйствія волоконъ бродящаго нерва на дыханіе, назвалъ ихъ регуляторами дыхательныхъ движеній со стороны глубины и ритма (не величины ихъ работы!) въ двѣ противоположныя стороны. Нѣтъ сомнѣнія, что придаточный механизмъ, дѣйствующій черезъ бродящій нервъ изъ легкихъ и помогающій дѣйствію вдыхателей, заслуживаетъ такое названіе; придатокъ же, дѣйствующій изъ гортани черезъ волокна верхне-гортаннаго нерва, имѣетъ гораздо болѣе узкое значеніе. Дѣйствіе его представляетъ лишь одинъ моментъ въ сложномъ рефлексѣ, защищающемъ входное отверстіе дыхательныхъ путей отъ проникновенія въ нихъ постороннихъ тѣлъ. Доказательствъ этому два. Во-первыхъ, остановку дыхательныхъ движеній можно вызвать механическимъ раздраженіемъ слизистой оболочки гортани, причемъ замыкается

голосовая щель, что вмѣстѣ составляетъ очевидно защитительное дѣйствіе входнаго отверстія. Во-вторыхъ, остановку дыханія въ выдыхательной фазѣ можно получить еще тетанизаціей вѣтвей тройничнаго нерва, снабжающихъ чувствительностью слизистую оболочку носа, т. е. чувствующую поверхность другого входнаго отверстія дыхательныхъ путей. Аналогія между обоими случаями увеличивается еще тѣмъ, что раздраженіе гортани вызываетъ за остановкой кашель, а раздраженіе носовой оболочки чиханіе.

Въ смыслѣ придатковъ къ нервному механизму, приводимому въ дѣйствіе кровью, эти снаряды составляютъ дѣйствительно его особенность. Въ спинномъ мозгу, отдѣленномъ отъ головнаго, такихъ спеціальныхъ придатковъ нѣтъ; но нѣчто подобное дѣйствію верхне-гортаннаго нерва замѣчается и на обезглавленной лягушкѣ при сильной тетанизаціи сигнальныхъ нервовъ. И здѣсь, не смотря на продолжающееся раздраженіе, т. е. не смотря на постоянное побужденіе двигателей къ дѣйствію, бываютъ періоды отсутствія движеній, во время которыхъ рефлексы съ кожи вызываются труднѣе, чѣмъ обыкновенно. И здѣсь угнетеніе импульсовъ къ движенію не есть результатъ истощенія нервныхъ центровъ, потому что за періодомъ покоя слѣдуютъ движенія. Съ этой стороны аналогія между явленіями несомнѣнна. Разница между обоими случаями заключается въ томъ, что въ придаткахъ къ дыхательному аппарату вліянія, возбуждающія и тормозящія, идутъ раздѣльно изъ разныхъ источниковъ — легкаго и слизистыхъ оболочекъ входныхъ отверстій дыхательныхъ путей;—а раздраженіе сигнальныхъ нервовъ, идущихъ отъ кожи, производитъ два эффекта: возбуждаетъ двигателей, вызывая рефлексы, и угнетаетъ ихъ. Къ этому вопросу мы впрочемъ еще вернемся впослѣдствіи; а здѣсь отмѣтимъ пока сказанное лишь въ смыслѣ новой частной аналогіи между ды-

хательнымъ и спинно-мозговымъ аппаратами въ отношеніи возбудимости тѣхъ и другихъ съ периферіи тѣла.

Аналогія эта восполняется, наконецъ, возбудимостью дыхательныхъ движеній съ кожи. Кому неизвѣстно, что сильная боль измѣняетъ глубину и ритмъ ихъ? Крикъ отъ боли есть ничто иное, какъ сильное выдыханіе при замкнутой голосовой щели, слѣдующее за глубокимъ вдыханіемъ. Если съ непривычки облиться холодной водой, то первый эффектъ будетъ судорожное вдыханіе. Въ нѣкоторыхъ изъ этихъ случаевъ явленіе впрочемъ объяснимо дѣйствіемъ съ кожи на спинно-мозговыя части нервнаго дыхательнаго механизма, потому что достаточно одного измѣненія возбудимости въ послѣднихъ, чтобы измѣнились вмѣстѣ съ тѣмъ дыхательныя движенія, т. е. эффекты возбужденія этихъ частей изъ центровъ продолговатаго мозга. Но въ крикѣ отъ боли возбужденіе съ кожи передается дыхательными центрами и иными путями, именно черезъ переднія части головнаго мозга. Едва-ли можно сомнѣваться въ томъ, что въ тѣлѣ должны быть нервныя вліянія, видоизмѣняющія величину работы дыхательныхъ мышцъ не на короткое, а на продолжительное время. Они не найдены, и вліянія этого рода приписываются исключительно дѣйствію измѣненной крови на центры.

Этимъ исчерпываются всѣ существенныя стороны иннерваціи дыхательныхъ движеній (о вліяніи на нихъ переднихъ частей головнаго мозга рѣчь будетъ ниже); и мы можемъ заключить наше описаніе слѣдующими положеніями.

Дыхательные центры представляютъ сигнальную часть нервнаго механизма дыханія, чувствительную черезъ кровь къ перемѣнамъ въ газовомъ обмѣнѣ тѣла и устраняющую, при посредствѣ своей двигательной половины, т. е. при посредствѣ дыхательныхъ мышцъ, вредныя послѣдствія такихъ перемѣнъ. Устроенъ механизмъ на подобіе спинно-мозговыхъ отражательныхъ аппаратовъ, съ лишь разницей, что часть его, на которую дѣйствуютъ возбуждающіе импульсы, лежитъ не на внѣшней поверхности тѣла, а скрытно въ продолговатомъ моз-

у, и приводится въ дѣйствіе раздражителями иного рода. Дѣйствіе послѣднихъ таково, какъ будто животное находится въ непрерывномъ состояніи легкаго не тягостнаго задушенія. Отсюда не перерывающаяся во всю жизнь періодическая дѣятельность дыхательныхъ мышцъ.

Иннервація актовъ ходьбы (локомоціи).

Мы до такой степени привыкли на себѣ самихъ и на животныхъ къ умѣнью ходить, что не удивляемся этому искусству, хотя и подозрѣваемъ, что въ основѣ его должна лежать какая-нибудь хитрая механика. Но стоитъ только представить себѣ искусство ходьбы пріуроченнымъ къ какой-нибудь неодушевленной машинѣ, и ее всякій назвалъ бы волшебной, потому что она обладала бы способностью двигаться по какой угодно неровной мѣстности—въ гору, подъ гору, по косогорамъ и сохранять при этомъ равновѣсіе, несмотря на тонкость и гибкость своихъ подставокъ;—могла бы приходить въ движеніе съ виду сама собою и такимъ образомъ останавливаться, ускорять, замедлять и измѣнять направленіе движеній, притомъ не только въ стороны, но и спереди назадъ. Такую машину дѣйствительно можно было бы назвать волшебной; но можно-ли смотрѣть на локомоторный механизмъ въ одушевленномъ животномъ съ такой точки зрѣнія? Сомнѣваться въ машинообразности его устройства, со всѣми перечисленными особенностями, нельзя ни единой минуты въ отношеніи тѣхъ животныхъ, которыя родятся на свѣтъ съ готовымъ умѣньемъ ходить. Здѣсь готовъ не только механизмъ передвиженія, но и умѣнье управлять имъ, сообразно показаніямъ органовъ чувствъ. Достаточно посмотрѣть на насѣдку съ цыплятами и видѣть, какъ они бѣгутъ на зовъ матери, избѣгая разныя препятствія на пути, чтобы убѣдиться въ этомъ. А между тѣмъ, кто же станетъ сомнѣваться въ томъ, что дѣйствія

цыпленка не могутъ быть въ той-же степени осмысленны, какъ передвиженіе въ пространствѣ человѣка, руководящагося показаніями чувствъ. Такія дѣйствія у новорожденнаго животнаго называются инстинктивными. Еще болѣе убѣждаютъ насъ въ машинообразности устройства и дѣйствій локомоторнаго снаряда опыты на такихъ животныхъ, которыя переносятъ операцію удаленія мозговыхъ полушарій съ частью среднихъ долей мозга (лягушка, птицы и кроликъ [1]). Умѣнье ходить и даже остатки зрительнаго управленія движеніями въ нихъ остаются; а между тѣмъ въ этомъ состояніи ихъ справедливо называютъ чувствующими автоматами. На вліянія съ кожи такія животныя отвѣчаютъ движеніями, но чувствительность ихъ едва превосходитъ соотвѣтственную чувствительность на животномъ съ однимъ спиннымъ мозгомъ; а послѣдняя мало чѣмъ отличается отъ чувствительности физическаго инструмента.

Какъ же изучать дѣйствіе столь сложнаго механизма? Очевидно, разлагая его на составныя части и изучая дѣйствіе каждой какъ въ отдѣльности, такъ и въ связи съ прочими по одиночкѣ. Такъ мы и поступимъ, но прежде всего необходимо установить, что собственно составляетъ самую существенную сторону локомоціи, потому что разъ это установлено, всѣ остальныя сопутствующія явленія можно считать дѣйствіемъ придаточныхъ механизмовъ къ основному; подобно тому, какъ это мы видѣли на механизмѣ дыхательныхъ движеній, гдѣ главную часть составляютъ возбуждаемые кровью дыхательные центры съ ихъ приводами къ мышцамъ, а все остальное имѣетъ значеніе придатковъ.

---

[1]) Болѣе высоко организованныя млекопитающія, напр. собака, не выносятъ операцію удаленія полушарій.

Главною частью локомоторнаго снаряда долженъ быть механизмъ. производящій minimum локомоторнаго дѣйствія, именно передвиженіе тѣла по горизонтальной плоскости прямо впередъ. Все остальное—пусканіе снаряда въ ходъ и остановки, повороты въ сторону и пр. суть дѣйствія придатковъ, видоизмѣняющихъ дѣятельность основной части.

Для лягушки (которая въ дѣлѣ изученія локомоціи стоитъ на первомъ мѣстѣ) и млекопитающихъ самый обыкновенный типъ ходьбы заключается въ попеременномъ движеніи впередъ накрестъ лежащихъ согнутыхъ конечностей съ послѣдующимъ затѣмъ выпрямленіемъ ихъ. Въ то время, какъ одна перекрестная пара перемѣщается впередъ, другая, упираясь въ землю и выпрямляясь, сообщаетъ тѣлу движеніе. При этомъ въ каждой ногѣ въ отдѣльности смѣняется періодически дѣйствіе разныхъ мышечныхъ группъ, и тоже повторяется на мышцахъ перекрестныхъ паръ— когда въ одной сокращаются, наприм. сгибатели, то въ другой работаютъ разгибатели. Значитъ, нервный механизмъ ходьбы представляетъ три сходства съ нервнымъ механизмомъ дыханія: періодическую дѣятельность, перемежку между разными группами мышцъ и, наконецъ, родство двигателей, такъ какъ мышцы того и другого снаряда получаютъ двигательныя нервы изъ спиннаго мозга на одинъ и тотъ же ладъ, изъ клѣтокъ переднихъ роговъ сѣраго вещества.

Четвертое сходство нашего аппарата съ дыхательнымъ заключается въ томъ, что по отдѣленіи спиннаго мозга отъ продолговатаго разрѣзомъ (d) подъ 4-мъ желудочкомъ локомоція прекращается. Верхняя же граница спинно-мозговой оси, разрѣзъ на которой оставляетъ локомоцію въ неприкосновенной цѣлости, лежитъ у лягушки на уровнѣ линіи a, за полушаріями. Такимъ образомъ, по аналогіи съ дыхательнымъ механизмомъ, въ нервномъ снарядѣ ходьбы различаютъ центральную часть, изъ которой выходятъ пе-

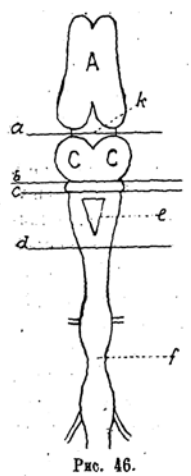


Рис. 46.

ріодическіе импульсы къ движеніямъ, и спинно-мозговую, по которой идутъ пути къ двигательнымъ нервамъ мышцъ, участвующихъ въ ходьбѣ. Съ нея мы и начнемъ.

Если птицѣ быстро отсѣчь голову, она бѣжитъ нѣкоторое время. На лягушкѣ этого нѣтъ, — въ ней много много удается видѣть сохранившейся лишь одну локомоторную фазу, половину шага, именно перемѣщеніе впередъ накрестъ лежащей пары. Можно думать поэтому, что связь мышцъ въ группы одновременнаго локомоторнаго дѣйствія осуществлена уже въ спинномъ мозгу устройствомъ опредѣленныхъ путей между группами клѣтокъ для переднихъ и заднихъ конечностей. Какъ устроены эти пути, мы не знаемъ, но они во всякомъ случаѣ не совпадаютъ съ путями распространенія защитительныхъ движеній. Эти лежатъ для переднихъ и заднихъ конечностей, въ соотвѣтственныхъ половинахъ спиннаго мозга (лѣвая половина тѣла защищается лѣвою рукою и лѣвою же ногою, правая—правыми конечностями), а локомоторныя связи идутъ накрестъ. Точно также пути изъ локомоторныхъ центровъ въ спинной мозгъ должны быть устроены иначе, чѣмъ соотвѣтственные пути изъ дыхательныхъ центровъ. Эти устроены на подобіе путей, по которымъ распространяются спинно-мозговыя рефлексы съ *кожи. По* мѣрѣ усиленія раздраженія дыхательныхъ центровъ (въ одышкѣ) возбужденіе распространяется на большее и большее число мышцъ; а въ локомоціи этого нѣтъ—здѣсь дѣйствуютъ всегда однѣ и тѣ же группы мышцъ, какъ бы ни было сильно раздраже-

ніе—измѣняется только темпъ и сила сокращеній, а возбужденіе изъ опредѣленныхъ путей не выходитъ.

Теперь посмотрите, въ какомъ мѣстѣ спинно-мозговой оси лежатъ локомоторные центры—мѣста откуда выходятъ періодическіе импульсы. Опытъ показываетъ, что у лягушки они лежатъ, главнымъ образомъ, въ мѣстѣ, прикрытомъ недоразвитымъ мозжечкомъ (между b и с на приложенной схемѣ), спускаясь отсюда въ верхнюю часть продолговатаго мозга[1]). У кролика положеніе ихъ въ сущности такое же. Соотвѣтственно этому у обоихъ животныхъ локомоція возможна, когда мозгъ перерѣзанъ по верхней границѣ мозжечка (на уровнѣ b нашей схемы).

Черезъ нѣкоторое очень короткое время послѣ такого разрѣза лягушка начинаетъ ползать сама собою безъ всякой видимой причины и, такимъ же образомъ, временами останавливаться, съ тѣмъ чтобы ползти далѣе. Если во время такой остановки слегка щипнуть лапку, то ползанье (не защитительный рефлексъ!) тотчасъ же начинается. Въ этомъ состояніи лягушка слѣпа, потому что мѣсто головного мозга, откуда родятся ея зрительные нервы, лежитъ кпереди отъ перерѣзки (въ такъ наз. зрительныхъ буграхъ, С С нашей схемы); поэтому при ползаньи она натыкается на препятствія и, какъ животное неосмысленное, уткнувшись въ нихъ головой, продолжаетъ безполезно работать ногами. Если разрѣзомъ поранены обѣ половины мозговой оси (правая и лѣвая) симметрично, то ползанье происходитъ всегда прямо впередъ; въ противномъ случаѣ оно идетъ по кривой, какъ ходъ лошади, когда ее гоняютъ въ манежахъ на кордѣ; отъ того этотъ видъ перемѣщенія называютъ манежнымъ. Его можно воспроизвести намѣренно

[1]) Лягушки съ однимъ продолговатымъ мозгомъ хотя и производятъ по временамъ отрывочныя локомоторныя движенія, но ползать, т. е. производить длинный рядъ такихъ движеній не могутъ.

и даже въ усиленной степени, если животному съ перерѣзкой мозга въ b перерѣзать еще половину продолговатаго мозга справа или слѣва гдѣ-нибудь по длинѣ 4-го желудочка (наприм., на уровнѣ e нашей схемы). Тогда манежность движенія явственно происходитъ отъ того, что одна половина тѣла работаетъ локомоторно сильнѣе другой, и ось его отклоняется въ сторону слабѣе работающей половины. На сушѣ такая лягушка ползаетъ, а брошенная въ воду плаваетъ, слѣдовательно отвѣчаетъ на различныя вліянія съ кожи перемѣной самаго характера локомоторныхъ движеній. Съ однимъ спиннымъ мозгомъ лягушка выноситъ совершенно спокойно лежаніе на спинѣ; а эта, будучи положена на спину, тотчасъ-же повертывается вокругъ продольной оси, чтобы принять нормальное положеніе. Значитъ, у животнаго съ одними задними частями головнаго мозга остается не только кожная чувствительность вообще, но какъ будто различеніе разнородныхъ вліяній на кожу (на сушѣ и въ водѣ), равно какъ различеніе различныхъ положеній тѣла — спиною вверхъ и внизъ. Съ виду чувствительность сдѣлала уже большой шагъ впередъ противъ кожной чувствительности животнаго съ однимъ спиннымъ мозгомъ. Рефлексы съ кожи можно еще объяснять безъ особой натяжки сочетанною на разные лады дѣятельностью такихъ механизмовъ, въ которыхъ одна половина обладаетъ чисто физической чувствительностью, а другая производитъ движеніе; здѣсь же явленія очевидно несравненно сложнѣе. Не нужно, впрочемъ, забывать, что и здѣсь чувствительность все-таки безсознательная, и сложность явленій зависитъ въ значительной мѣрѣ отъ сложности двигательныхъ эффектовъ, а въ основѣ послѣднихъ не можетъ лежать ничего иного, кромѣ механическаго устройства. Въ спинномъ мозгу нѣтъ условій для сочетанія движеній ни въ дѣятельный актъ ходьбы, ни въ актъ перевертыванія тѣла вокругъ продольной оси; въ головномъ же

мозгу они есть. У лягушки половинная перерѣзка продолговатаго мозга въ верхней трети (мѣсто въ точности не опредѣлено), а у теплокровныхъ одностороннія разрушенія мозжечка или перерѣзки одной изъ заднихъ или передних ъ его ножекъ производятъ катаніе животнаго вокругъ продольной оси тѣла. Таковы явленія, представляемыя на лягушкѣ задними частями головнаго мозга въ связи со спиннымъ. На теплокровныхъ, съ болѣе дифференцированнымъ головнымъ мозгомъ, въ составъ аппарата, производящаго описанныя явленія, входятъ: Вароліевъ мостъ (A), продолговатый мозгъ (B) и мозжечокъ (C) съ ножками къ тому и другому.

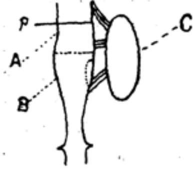


Рис. 47.

Кпереди отъ описанныхъ частей до полушарій (исключительно) лежатъ *среднія части мозга*. У лягушки ихъ составляютъ зрительные бугры (CC рис. 47) и зрительные чертоги (по которымъ проведенъ разрѣзъ a); а у теплокровныхъ въ составъ средняго пояса входятъ большее число частей, но только по названію, а не по большему разнообразію функцій. Понятно, что изучать эти функціи внѣ связи среднихъ частей мозга съ задними невозможно, поэтому онѣ познаются путемъ исключенія, именно путемъ сравненія явленій на животныхъ, которымъ оставлены въ связи съ спиннымъ мозгомъ средній + задній поясы и одни только послѣдніе. Черезъ это получается прибавочный рядъ явленій къ тѣмъ, которыя намъ уже извѣстны; но отсюда никакъ не слѣдуетъ заключать, чтобы въ произведеніи прибавочныхъ явленій заднія части мозга не принимали никакого участія. Нормально онѣ не отдѣлены отъ среднихъ частей и работаютъ вмѣстѣ. Эта оговорка необходима, потому что мнѣ придется говорить о мозжечкѣ, слѣдовательно какъ будто возвращаться назадъ.

Усовершенствованіе локомоціи, приносимое средними частями, составляютъ: 1) зрительное руководство движеніями; 2) приспособленія для перемѣнъ направленія движеній; 3) приспособленія для движеній по неровной мѣстности, съ сохраненіемъ при этомъ равновѣсія тѣла; и 4) тормазы движеній.

Нормально у человѣка и всѣхъ вообще позвоночныхъ зрительное управленіе движеніями выходитъ изъ мозговыхъ полушарій, потому что лежащее въ основѣ этого управленія сознательное видѣніе окружающихъ насъ предметовъ возможно только при цѣлости гемисферъ. Опыты показываютъ однако, что у низшихъ позвоночныхъ (лягушка, птицы, кроликъ), слѣды зрительнаго руководства остаются и по отнятіи полушарій. Въ этихъ случаяхъ среднія части мозга съ родящимися изъ нихъ (изъ зрительныхъ бугровъ у лягушки, изъ четырехолмія у птицъ и кроликовъ) зрительными нервами замѣщаютъ собою полушарія; и пока они цѣлы, названныхъ животныхъ нельзя назвать слѣпими. Птицы безъ полушарій, брошенныя на воздухъ, летаютъ и, спускаясь на землю, умѣряютъ полетъ, какъ нормальныя животныя. Крилики безъ полушарій не натыкаются при ходьбѣ на предметы, лежащіе на пути. О лягушкахъ и говоритъ нечего—безъ полушарій, съ одними средними частями мозга, они, по наблюденіямъ Шрадера умѣютъ даже ловить мухъ. У нихъ локомоторный аппаратъ, со всѣми его приспособленіями, такъ сказать, законченъ въ среднихъ частяхъ мозга.

Приспособленія, при посредствѣ которыхъ животное измѣняетъ направленіе своихъ движеній на ходу (повороты въ сторону и движеніе спереди назадъ) приводятся въ дѣйствіе при нормальныхъ условіяхъ тоже изъ гемисферъ, насколько они опредѣляются сознательными зрительными актами. Но на низшихъ позвоночныхъ, до кролика включительно, они возможны и безъ полушарій. Естественно ду-

мать, что и здѣсь, какъ при нормальныхъ условіяхъ, первымъ поводомъ къ поворотамъ въ сторону служатъ связанные съ зрительными актами повороты глазъ, потому что, не видя препятствій, животному нѣтъ нужды сворачивать въ сторону, а чтобы свернуть, нужно видѣть обходный путь. Но вслѣдъ за глазами и въ томъ же направленіи поворачивается обыкновенно и голова; а за нею наступаетъ уже самъ собою поворотъ туловища, потому что на ходьбѣ направленіе движенія опредѣляется осью головы. Весь этотъ рядъ движеній воспроизводится цѣликомъ на животныхъ при перерѣзкахъ одной изъ переднихъ ножекъ мозжечка, именно манежное движеніе съ поворотомъ глазъ и головы въ сторону круженія. Очень вѣроятно, что механизмъ поворота туловища зависитъ оттого, что одна половина локомоторнаго снаряда начинаетъ работать слабѣе другой.

Движеніе спереди назадъ наблюдалось на птицахъ и млекопитающихъ тоже при пораненіяхъ мозжечка; на лягушкахъ тоже изъ соотвѣственныхъ мѣстъ мозговой оси.

Для того, чтобы понять приспособленіе движеній къ неровностямъ мѣстности, достаточно представить себѣ три случая передвиженій четвероногаго животнаго: восхожденіе на гору, спусканіе съ горы и ходъ по косогору. Въ первомъ случаѣ главное уклоненіе условій передвиженія отъ нормы, т. е. отъ ходьбы по горизонтальной плоскости, заключается въ болѣе или менѣе сильномъ наклонѣ туловища задней половиной внизъ, черезъ что являются условія къ опрокидыванію тѣла на спину спереди назадъ. Понятно, что приспособительное движеніе съ цѣлью сохранить равновѣсіе, должно заключаться тогда въ болѣе или менѣе низкомъ держаніи туловища спереди и болѣе или менѣе высокомъ сзади—туловище должно получить наклонъ сзади напередъ. При спусканіи съ горы бываетъ, какъ извѣстно, конечно, всякому, обратное; а при ходьбѣ

по косогору тѣло должно измѣниться такъ, какъ будто одна пара ногъ стала короче или наоборотъ другая пара стала длиннѣе обыкновеннаго.

Вотъ эти то приспособленія туловища и конечностей къ измѣненнымъ условіямъ локомоціи и замѣчаются при пораненіяхъ различныхъ частей мозжечка. Перерѣзка его средней доли спереди даетъ паденіе животнаго на переднія ноги съ наклономъ туловища кпереди во время ходьбы, вслѣдствіе чего животное легко перепрокидывается черезъ голову.

Перерѣзка той же доли сзади даетъ наклонъ туловища кзади съ наклонностью къ движенію назадъ. Одностороннія разрушенія мозжечка, равно какъ перерѣзка заднихъ или среднихъ ножекъ съ одной стороны, влекутъ за собою паденіе животнаго на бокъ и насильственное катаніе вокругъ продольной оси. Въ промежутки же покоя между такими приступами замѣчается разница въ напряженности мышцъ конечностей обѣихъ половинъ тѣла, поворотъ головы и шеи вокругъ продольной оси и измѣненное положеніе глазъ. Явленія при пораненіяхъ мозжечка происходятъ, правда, не въ такомъ простомъ видѣ, какъ описано, вслѣдствіе вмѣшательства насильственныхъ движеній и усилій животнаго выйти изъ ненормальнаго положенія, причиняемаго операціей; но въ нихъ несомнѣнно сказывается весь упомянутый выше рядъ приспособленій тѣла къ измѣненнымъ условіямъ передвиженія. Не отсутствуютъ даже перемѣны въ положеніи головы и глазъ, сопутствующія, какъ мы видѣли, перемѣщеніямъ тѣла въ пространствѣ.

При этомъ кстати замѣтить, что связь мозжечка съ частями мозга, изъ которыхъ родятся зрительные нервы и двигатели глазного яблока, прямо доказана. Если же къ этому прибавить, что при цѣлости полушарій и среднихъ частей мозга удаленіе всего мозжечка на птицахъ и кроликѣ только разстраиваетъ гармонію локомоторныхъ дви-

женій, не уничтожая ихъ (на людяхъ извѣстны тоже случаи полнаго перерожденія мозжечка съ сохраненіемъ способности ходить—движенія отличались только невѣрностью и шаткостью), то выходитъ, что при его посредствѣ измѣняются только разнообразно положенія глазъ, оси тѣла (т. е. головы и туловища) и конечностей. Въ этомъ смыслѣ, мозжечекъ, въ связи съ продолговатымъ мозгомъ и средними частями головнаго, представляетъ, такъ сказать, центральный органъ въ дѣлѣ поддержанія равновѣсій тѣла. Чтобы понять это, вообразимъ себѣ, что животному, двигавшемуся по ровной мѣстности, вдругъ приходится взбираться на гору. Съ первымъ же шагомъ измѣняется при этомъ положеніе оси его туловища—она наклоняется назадъ, и вслѣдъ за этимъ происходитъ, ради поддержанія равновѣсія, перемѣщеніе той же оси въ противоположномъ направленіи. Но для того, чтобы такое уравновѣшивающее движеніе произошло, необходимо, чтобы предшествующее положеніе сигнализировалось въ мозжечекъ какимъ-нибудь чувственнымъ знакомъ, въ родѣ того, какъ сигнализируется въ мозгъ раздраженіе кожи и вызываетъ защитительное движеніе. Нѣтъ сомнѣнія, что такіе сигналы могутъ выходить, при посредствѣ мышечнаго чувства, сопровождающаго всѣ перемѣны въ положеніи тѣла, изъ кожи, мышцъ и нервныхъ подкожныхъ образованій около сочлененій (припомнимъ, что лягушка съ одними задними частями головнаго мозга не выноситъ лежанія на спинѣ!), но рядомъ съ этимъ въ головѣ животныхъ есть спеціальный сигнальный снарядъ, увѣдомляющій мозжечекъ объ измѣненіяхъ въ положеніи оси тѣла. Измѣненія эти отражаются всего рѣзче на головѣ, какъ концѣ оси, и въ головѣ же этотъ снарядъ помѣщенъ. Его можно сравнить съ тремя водяными уровнями, расположенными въ трехъ взаимно-перпендикулярныхъ плоскостяхъ. Это—наполненныя жидкостью перепончатыя трубки съ чувствительными

къ давленію жидкости стѣнками. Они составляютъ часть ушнаго лабиринта (см. ниже, физіологію слуха) и называются полукружными каналами. Въ стѣнкахъ ихъ развѣтвляются волокна слуховаго нерва. При перерѣзкѣ послѣдняго съ обѣихъ сторонъ или при оперативномъ удаленіи ушнаго лабиринта лягушки съ нетронутымъ мозгомъ теряютъ способность сохранять равновѣсіе на наклонныхъ и подвижныхъ подставкахъ, и движенія ихъ разстраиваются. Такъ, сдѣлавъ подъ вліяніемъ раздраженія прыжокъ, онѣ нерѣдко падаютъ навзничь, и тогда усилія принять нормальное положеніе ведутъ къ вращательнымъ движеніямъ вокругъ продольной оси. Главную же опору этой теоріи составляетъ сходство явленій при пораненіи полукружныхъ каналовъ и мозжечка. Пока показанія изъ каналовъ нормальны, двигательныя реакціи, въ смыслѣ сохраненія равновѣсія, остаются цѣлесообразны; съ извращеніемъ же первыхъ, извращаются и вторыя. Разводъ между ними, нарушая равновѣсіе тѣла, ведетъ, по мнѣнію Гольтца, автора этой теоріи, къ развитію чувства головокруженія [1], и съ этимъ является новый источникъ для разстройства движеній, усиливающій безуспѣшность попытокъ животнаго возстановить потерянное равновѣсіе.

Я очень распространился о теоріи Гольтца съ тѣмъ, чтобы представить вообще въ наиболѣе удопонятной формѣ акты сохраненія равновѣсія тѣла при посредствѣ сигнальнаго снаряда въ периферіи и мозжечка, какъ центральнаго органа. Но отсюда никакъ не слѣдуетъ заключать, чтобы эквилибристика тѣла поддерживалась показаніями только изъ полукружныхъ каналовъ. Естественно думать, что чувственные сигналы идутъ, какъ замѣчено было выше, также изъ туловища съ его придатками; тѣмъ болѣе, что

---

[1]) Припадками головокруженія страдаютъ люди съ пораженіемъ ушнаго лабиринта.

по длинѣ спиннаго мозга тянутся такъ назыв. мозжечковые пути (т. е. волокна, проходящія черезъ продолговатый мозгъ къ мозжечку), которые нерѣдко находятъ перерожденными (вмѣстѣ съ другими чувствующими путями по спинному мозгу) у людей, страдавшихъ при жизни разстройствомъ локомоціи безъ параличей движенія.

Вопросъ объ эквилибристикѣ тѣла въ покоѣ и при ходьбѣ этимъ не исчерпывается. Если въ мозжечекъ приносятся съ периферіи сигналы объ измѣненныхъ положеніяхъ тѣла, то изъ него же, какъ центральнаго органа, должны выходить двигательные пути къ мышцамъ, производящимъ уровновѣшивающія движенія.

Къ сожалѣнію, вопросъ о двигательной половинѣ этого снаряда обставленъ такими трудностями и выясненъ такъ мало, что входить въ разборъ относящихся сюда фактовъ я считаю безполезнымъ и закончу весь вопросъ объ эквилибристикѣ тѣла слѣдующимъ замѣчаніемъ. На животномъ съ нетронутымъ головнымъ мозгомъ изъ всѣхъ придаточныхъ органовъ къ ствольной части головнаго мозга мозжечекъ играетъ въ дѣлѣ эквилибристики тѣла первенствующую роль, потому что удаленіе его при этомъ условіи разстраиваетъ гармонію движеній сильнѣе удаленія всякаго прочаго придатка къ ствольной части. Но работаетъ онъ не въ одиночку, а въ связи съ прочими частями средняго мозга, потому что на животныхъ (на птицахъ) безъ полушарій способность стоять и ходить уничтожается не только съ удаленіемъ мозжечка, но и съ разрушеніемъ зрительныхъ чертоговъ.

Въ двигательныхъ машинахъ, устраиваемыхъ человѣкомъ, есть всегда регуляторы для умѣренія и остановки движеній. Они бываютъ двухъ родовъ: тормазы и приспособленія, которыми сообщаются машинѣ движенія въ сторону обратную тѣмъ, которыя хотятъ умѣрить или остановить. Тормазъ отличается отъ приспособленій послѣд-

няго рода тѣмъ, что, не вводя въ дѣйствіе машины новыхъ движеній, умѣряетъ или останавливаетъ ея работу введеніемъ сопротивленій. Нѣтъ сомнѣнія, что въ животномъ тѣлѣ существуютъ регуляторы того и другого рода. Когда упряжная лошадь „спускаетъ“, какъ говорится, съ горы напирающій на нее сзади экипажъ, она не везетъ его впередъ—экипажъ катится внизъ самъ собою—всѣ ея мышечныя усилія идутъ на то, чтобы умѣрить дѣйствіе напора сзади, принуждающаго животное бѣжать впередъ. Здѣсь несомнѣнно дѣйствуетъ система мышцъ, сообщающая животной машинѣ задній ходъ. Но рядомъ съ этимъ, на животныхъ, и особенно въ жизни человѣка, бываетъ множество случаевъ, гдѣ движеніе, или точнѣе импульсы къ движенію, угнетаются дѣйствіемъ тормозящихъ вліяній. Два такихъ случая мы уже видѣли въ эффектахъ раздраженія верхнегортаннаго и носовыхъ нервовъ, именно въ остановкѣ дыхательныхъ движеній въ фазѣ выдыханія. Еще болѣе наглядный примѣръ такого дѣйствія, служащій, такъ сказать, краеугольнымъ камнемъ всего ученія о тормозящихъ вліяніяхъ въ сферѣ нервной системы, представляетъ вліяніе бродящаго нерва на сердце. Если перерѣзать его на шеѣ и раздражать периферическій отрѣзокъ, то при слабой тетанизаціи замедляются удары сердца, а при сильной оно останавливается въ разслабленномъ состояніи (въ діастолѣ), хотя конечно во время такой остановки внутри сердца продолжаютъ дѣйствовать импульсы, побуждающіе его мышцы къ сокращеніямъ. Явленіе заключается слѣдовательно и здѣсь, какъ въ предъидущихъ двухъ случаяхъ, въ угнетеніи импульсовъ къ движенію. Тамъ возбужденіе приносится центростремительно къ центральнымъ частямъ нервнаго дыхательнаго механизма, а здѣсь къ центрамъ, лежащимъ въ стѣнкахъ самого сердца. И тамъ и здѣсь дѣйствіе раздраженія можетъ быть только тормозящимъ, потому что оно не приноситъ съ собою антагонистическихъ

движеній. На теплокровныхъ найдено еще нѣсколько другихъ подобныхъ случаевъ; но, къ сожалѣнію, прямыхъ опытовъ касательно угнетенія импульсовъ къ локомоціи и вообще къ движеніямъ въ сферѣ мышцъ костнаго скелета, на теплокровныхъ еще нѣтъ, — такіе опыты существуютъ только на лягушкѣ, и объ нихъ будетъ теперь рѣчь.

Опыты производятся въ трехъ формахъ:

a) наблюдается дѣйствіе на спинно-мозговые рефлексы раздраженій (химическихъ) спинно-мозговой оси съ поперечныхъ разрѣзовъ на разныхъ высотахъ (отъ a до e);

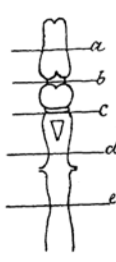


Рис. 48.

b) наблюдается дѣйствіе на локомоцію химическаго и электрическаго раздраженія чувствующихъ нервовъ (сѣдалищныхъ);

c) изслѣдуется вліяніе тѣхъ же самыхъ раздраженій на гальваническія явленія въ продолговатомъ мозгу.

a) Съ разрѣзовъ полушарій и спиннаго мозга раздраженіе поваренной солью не даетъ ни движеній, ни замѣтныхъ измѣненій въ рефлекторной способности. Съ разрѣзовъ же всѣхъ среднихъ частей мозга и верхнихъ частей продолговатаго получаются или сразу бурныя (часто конвульсивныя) локомоторныя движенія, или съ предшествіемъ полнаго мышечнаго покоя, во время котораго спинномозговые рефлексы оказываются сильно угнетенными. Послѣднее получается особенно рѣзко съ разрѣзовъ зрительныхъ чертоговъ (на уровнѣ b)—тогда движеній въ задней ногѣ нельзя бываетъ иногда вызвать не только сильнымъ щипаньемъ кожи, но даже отрѣзываніемъ пальцевъ. Что это за состояніе, мы увидимъ сейчасъ ниже, а пока замѣтимъ только, что возбужденіемъ среднихъ частей мозга (особенно же зрительныхъ чертоговъ) можно вызвать у лягушки такое состояніе, гдѣ, при полнѣйшемъ покоѣ мышцъ, нельзя

вызвать отраженныхъ движеній очень сильными раздраженіями кожи.

b) Возьмемъ лягушку съ перерѣзаннымъ по зрительнымъ чертогамъ мозгомъ, отпрепаруемъ по длинѣ бедра сѣдалищный нервъ, перерѣжемъ его въ подколѣнной впадинѣ и ампутируемъ эту ногу. Такія животныя остаются упорно часы въ сидячемъ положеніи, такъ что при опытахъ ихъ привязывать не нужно; а между тѣмъ раздраженіе кожи тотчасъ же вызываетъ у нихъ прыжокъ. Рядомъ

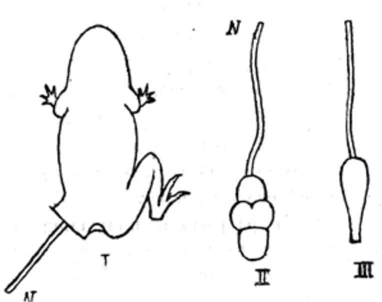


Рис. 49.

съ такой лягушкой (I), я беру сердце (II) съ отпрепарованнымъ бродящимъ нервомъ (N) и икряную мышцу (III) съ сѣдалищнымъ нервомъ. Если раздражать поваренной солью концы всѣхъ трехъ нервовъ, то по истеченіи нѣкотораго времени въ икряной мышцѣ появятся сокращенія; сердце останавливается въ діастоле; а лягушка I, при полномъ мышечномъ покоѣ и непрерывающемся раздраженіи, перестаетъ отвѣчать движеніями на щипанье пинцетомъ той или другой лапки. На сердцѣ и икряной мышцѣ явленія суть продукты возбужденія нервовъ (рис. II и III) значитъ и на лягушкѣ I угнетеніе рефлексовъ съ кожи есть результатъ возбужденія, приносимаго нервомъ N отъ мѣста раздраже-

нія къ центру; и такъ какъ возбужденіе это не можетъ не доходить до оставшихся цѣлыми среднихъ частей мозга,— слѣдовательно явленіе обязано своимъ происхожденіемъ возбужденію именно этихъ частей. Тѣмъ болѣе, что прямымъ раздраженіемъ средняго мозговаго пояса вызываются, какъ мы видѣли, тѣ же самыя явленія. Фактъ, что явленіе на лягушкѣ (I) есть результатъ возбужденія, идущаго по нерву отъ мѣста раздраженія, доказывается еще слѣдующимъ образомъ: стоитъ раздражаемое мѣсто нерва отрѣзать ножницами, и тотчасъ же рефлексы съ кожи возстановляются и даже въ усиленной противъ нормы степени. Тоже самое наблюдается и на сердцѣ съ его нервомъ: вслѣдъ за отрѣзываніемъ раздражаемаго мѣста нерва, стоявшее въ діастоле сердце начинаетъ биться сильнѣе нормальнаго.

Чтобы еще болѣе выяснить смыслъ явленій, замѣнимъ на лягушкѣ I химическое раздраженіе конца нерва N электрическимъ. Измѣняя силу раздраженія, мы получимъ слѣдующее (не нужно забывать, что лягушка сидитъ свободно, безъ привязи!):

Раздраженіе	Эффектъ
слабая тетанизація	скачекъ
тетанизація средней силы	скачекъ
сильная тетанизація	покой съ угнетеніемъ рефлексовъ съ кожи.
перерывъ сильной тетанизаціи	сильная локомоція.

Здѣсь сильная тетанизація даетъ тоже самое, что раздраженіе въ предъидущихъ опытахъ солью; а между тѣмъ никто уже не станетъ сомнѣваться, что сильная тетанизація сигнальнаго нерва приноситъ съ собою сильные импульсы къ движеніямъ (слабая тетанизація вызываетъ уже ихъ). Значитъ наблюдаемый при этомъ покой есть какое-то угнетенное состояніе локомоторныхъ центровъ; и это под-

тверждается тѣмъ, что, какъ только раздраженіе прекратилось, тотчасъ же появляется усиленное движеніе. Естественно думать поэтому, что въ нашемъ явленіи импульсы къ движенію собственно не уничтожены, а какимъ-то образомъ задержано лишь ихъ двигательное проявленіе. Пока задержка продолжается, импульсы, приносимые раздраженіемъ, суммируются въ нервныхъ центрахъ, и какъ только оно прекратилось, накопившаяся энергія прорывается усиленнымъ образомъ въ двигательную сферу. Все это наглядно представляютъ опыты съ гальваническими явленіями въ заднихъ частяхъ головнаго мозга лягушки.

Лягушкѣ съ мозгомъ, перерѣзаннымъ по верхней границѣ мозжечка, вынимается изъ позвоночника вся спинномозговая ось, въ связи съ кускомъ таза (C) и сѣдалищными нервами (D). Продолговатый мозгъ (A) отводится къ гальванометру, и сначала наблюдаются явленія при покоѣ

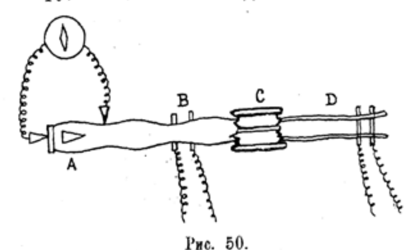


Рис. 50.

органа. Если спинно-мозговая ось сохранила еще остатки жизненныхъ свойствъ, то на гальванометрѣ наблюдаются время отъ времени самопроизвольно развивающіяся колебанія тока, сопровождающіяся сокращеніемъ мышцъ въ вырѣзанномъ кускѣ таза, что указываетъ, что въ продолговатомъ мозгу самопроизвольно развиваются импульсы къ мышечнымъ движеніямъ. Другими словами, на вынутомъ изъ позвоночника продолговатомъ мозгу мы видимъ при

посредствѣ гальванометра тѣ импульсы, которые заставляютъ лягушку ползать безъ видимой причины, когда мозгъ перерѣзанъ по верхней границѣ мозжечка. Эти колебанія всегда отрывисты, чередуются неправильно и могутъ быть вызываемы въ промежуткѣ покоя стрѣлки слабыми индукціонными ударами, приложенными какъ къ сѣдалищнымъ нервамъ (D), такъ и къ спинному мозгу (B), Если же нервы (D) тетанизировать токами средней силы въ теченіе нѣсколькихъ минутъ, то непосредственно за началомъ раздраженія получается болѣе или менѣе сильное отрицательное колебаніе, а затѣмъ наступаетъ длительный покой стрѣлки, т. е. самопроизвольныя колебанія тока съ ихъ двигательными эффектами въ мышцахъ во время тетанизаціи прекращаются. Въ этомъ состояніи раздраженіе спиннаго мозга, которое прежде всего вызывало колебаніе тока, остается безъ отвѣта.

Значитъ, во время тетанизаціи угнетена не только дѣятельность продолговатаго мозга, но и возбудимость спиннаго. Очевидно, эти эффекты равнозначны приведеннымъ выше явленіямъ раздраженія нервовъ лягушки солью и сильными токами. Тождество между ними сказывается и въ концѣ явленія: тамъ прекращеніе тетанизаціи давало усиленную локомоцію, здѣсь же оно даетъ учащенный противъ нормы рядъ отрицательныхъ колебаній.

Такимъ образомъ, опыты съ гальванометромъ прямо показываютъ:

1) что причина угнетенія движеній, при тетанизаціи сигнальныхъ нервовъ, лежитъ въ измѣненномъ состояніи нервныхъ центровъ; и

2) что состояніе это никоимъ образомъ нельзя считать упадкомъ возбудимости ихъ, потому что съ прекращеніемъ раздраженія они тотчасъ же начинаютъ работать усиленнымъ образомъ.

Состояніе это можно безъ малѣйшей натяжки сравнить

съ слѣдующимъ общеизвѣстнымъ фактомъ изъ множества другихъ однородныхъ. При наклонности къ кашлю человѣкъ можетъ усиліями воли не кашлять нѣкоторое время, т. е. угнетать двигательное дѣйствіе чувственныхъ импульсовъ; но зато онъ и разражается тѣмъ сильнѣйшимъ кашлемъ, чѣмъ дольше отъ него воздерживался. Пока воля угнетала двигательныя проявленія, чувственные импульсы путемъ суммированія возрастали и выразились наконецъ усиленнымъ двигательнымъ эффектомъ. Очевидно, и въ нашихъ опытахъ усиленныя движенія вслѣдъ за прекращеніемъ угнетеннаго съ виду состоянія зависятъ отъ того, что раздраженіе продолжало заряжать центры энергіей, затрудняя въ тоже время освобожденіе ея. Послѣднее дѣйствіе и слѣдуетъ называть *задержкой* или *торможеніемъ* движеній.

Такъ какъ въ опытахъ съ гальванометромъ мы видѣли кромѣ того, что торможеніе съ сигнальнаго нерва дѣйствуетъ на всю спинно-мозговую ось, значитъ оно распространяется на всѣхъ двигателей костнаго скелета.

Итакъ, въ тѣлѣ лягушки дѣйствительно имѣются, въ дѣлѣ управленія движеніями, два провода—*однимъ двигательная машина пускается въ ходъ, другимъ она тормозится.*

Теперь, когда существованіе тормозящихъ вліяній на локомоцію для лягушки доказано, а для высшихъ животныхъ стало вѣроятнымъ, приступаю къ послѣдному вопросу этой главы, чѣмъ поддерживается непрерывность локомоціи, длящейся иногда часы, и какъ она останавливается.

Если допустить на минуту, что въ тѣлѣ нѣтъ спеціальныхъ приспособленій для остановки движеній, то пришлось бы принять, что остановки производятся прекращеніемъ импульсовъ къ движенію.

Вмѣстѣ съ этимъ пришлось бы принять, что непрерывная ходьба въ теченіи 5,10 минутъ или 1 часа поддержи-

вается непрерывнымъ возбужденіемъ локомоторнаго аппарата извнѣ, въ родѣ того какъ возбуждаются непрерывно кровью дыхательные центры. Если же въ тѣлѣ есть тормазы, то непрерывность ходьбы въ теченіе извѣстнаго времени можно объяснять себѣ иначе,—какъ дѣйствіе одиночнаго толчка на машину въ родѣ заведенныхъ часовъ, которая работаетъ автоматически, т. е. поддерживается въ дѣйствіи толчками, развивающимися въ ней самой при ея дѣятельности.

Которое же изъ этихъ объясненій вѣрнѣе? Чтобы принять первое, нужно было бы доказать существованіе тоническихъ возбужденій на локомоторный снарядъ извнѣ (наприм. изъ полушарій) въ теченіе всего времени ходьбы; а второе объясненіе требовало бы доказательствъ, что во время самой ходьбы развиваются толчки, поддерживающіе ея продолженіе.

Доводы есть въ пользу того и другого. Начну съ перваго. Въ виду того обстоятельства, что локомоторные центры обладаютъ способностью суммировать толчки, періодичность движеній ходьбы совмѣстима съ тоническимъ дѣйствіемъ раздраженія. Кромѣ того, въ нормальныхъ условіяхъ ходьбу животное предпринимаетъ всегда съ извѣстной цѣлью или побуждается къ ней какими нибудь чувствованіями, напр. холодомъ, желаніемъ уйти отъ непріятеля и т. п. Такіе импульсы, идущіе изъ полушарій, слѣдовательно внѣшніе относительно локомоторнаго аппарата, хотя и ускользаютъ отъ опытнаго опредѣленія, но не могутъ быть отрицаемы, какъ тоническія вліянія.

Въ пользу же автоматичности ходьбы я приведу факты, наблюдаемые на человѣкѣ, изъ которыхъ выходитъ, что движенія во все время ходьбы управляются чувствомъ, непосредственно связаннымъ съ актами локомоціи. Въ первую минуту читатель вѣроятно удивится, что для объяс-

нenія машинообразности явленія у животныхъ я заимствую факты отъ человѣка, наименѣе похожаго на машину.

Но дѣло объясняется тѣмъ, что человѣкъ сознаетъ вмѣшательство его чувствованія въ какое-нибудь дѣйствіе, тогда какъ на животномъ мы не знаемъ, что оно чувствуетъ, и судимъ объ этомъ всегда по аналогіи съ человѣкомъ. Случаи къ упомянутымъ наблюденіямъ представляютъ люди, страдающіе такъ наз. атаксіей, почему ихъ, коротко, называютъ атактиками.

Главнѣйшій и общій характеръ этого страданія выражается въ томъ, что, при остающейся возможности очень сильныхъ произвольныхъ мышечныхъ сокращеній, больной теряетъ въ болѣе или менѣе сильной степени способность регулировать эти движенія какъ по направленію, такъ и по силѣ. Напр. онъ можетъ очень крѣпко сжать въ своей рукѣ руку другого; но актъ схватыванія рукою постороннихъ предметовъ, при всей его простотѣ для здороваго человѣка, больному стоитъ очевидно большихъ усилій, потому что онъ дѣлаетъ это очень медленно и очень неловко. Тоже самое и съ ногами: согнуть такому больному ногу, если онъ будетъ произвольно возбуждать разгибателей, т. е. станетъ противиться сгибанію, столь же трудно, какъ здоровому человѣку; а между тѣмъ ходить, т. е. сочетать мышечныя движенія ногъ въ опредѣленномъ порядкѣ по направленію и времени, больной можетъ лишь съ трудомъ и всегда очень медленно и неловко. Объективное изслѣдованіе такихъ больныхъ показываетъ обыкновенно только большую или меньшую степень притупленія чувствительности кожи въ членахъ, движенія которыхъ ненормальны. Однако степень разстройства движенія не всегда стоитъ въ прямомъ отношеніи къ степени паралича кожной чувствительности: бываютъ случаи, когда послѣдняя сравнительно хорошо сохранилась, а между тѣмъ координація движеній разстроена значительно, и наоборотъ.

Въ высокой степени поучительно для уразумѣнія механизма этихъ явленій участіе, которое принимаютъ у такихъ больныхъ зрительные акты въ ихъ разстроенныхъ движеніяхъ. Когда атактикъ можетъ слѣдить за послѣдними глазомъ, то онъ можетъ еще, хотя и съ трудомъ, придавать имъ форму, соотвѣтствующую цѣли, т. е. цѣлесообразность; можетъ наприм. ходить, взять въ руку какую нибудь вещь и держать ее по произволу долго. Но стоитъ такому больному закрыть глаза, и онъ не только не можетъ ходить болѣе, но даже не простоитъ минуты на ногахъ и падаетъ; предметъ, который при открытыхъ глазахъ держался въ рукѣ, теперь выпадаетъ изъ нихъ и пр. *Явно, что зрительныя ощущенія служатъ въ этихъ случаяхъ руководителемъ движеній, восполняя собою потерю другихъ чувственныхъ моментовъ, руководящихъ произвольными движеніями у здороваго человѣка.*

Въ этомъ несомнѣнномъ фактѣ заключается уже задатокъ для объясненія цѣлаго явленія. Изъ него выходитъ въ самомъ дѣлѣ съ поразительной ясностью, что произвольныя движенія безъ руководства чувственныхъ моментовъ не только разстраиваются, но даже дѣлаются невозможными. Фактъ нашъ показываетъ сверхъ того, что въ дѣлѣ координаціи послѣднихъ зрительные акты, какъ руководители, играютъ далеко не главную роль, потому что у атактиковъ движенія, какъ читатель видѣлъ, разстроены и при открытыхъ глазахъ. Въ чемъ же могутъ заключаться эти другіе чувственные регуляторы движеній? Конечно, ни въ чемъ другомъ, какъ въ суммѣ ощущеній, идущихъ изъ кожи и прочихъ тканей движущагося скелета.

Въ значеніи кожныхъ ощущеній для акта ходьбы и произвольныхъ движеній вообще сомнѣваться, конечно, никто не станетъ, если вдуматься въ условія сочетанія движеній. Наприм. при ходьбѣ человѣкъ съ парализован-

ной чувствительностью въ кожѣ ногъ не можетъ чувствовать подъ собою твердой опоры, и ему по необходимости должно казаться, что съ каждымъ шагомъ онъ падаетъ въ пропасть. Очевидно, если такому больному закрыть еще глаза, онъ не будетъ въ состояніи узнать момента, когда двигающаяся нога его стала на полъ, и когда ему слѣдуетъ отдѣлять отъ полу другую—акты повторяющіеся при ходьбѣ съ каждымъ шагомъ. Дѣло другого рода, если придать ногѣ еще чувствительность, независимую отъ кожной,—чувствительность, которая видоизмѣнялась бы по характеру при каждомъ движеніи ноги, при ставленіи ея на полъ и вообще при всякомъ малѣйшемъ измѣненіи въ состояніи мышцъ конечности. Тогда координированіе движеній въ ходьбу и другіе произвольные мышечные акты возможно было бы и при значительной потерѣ чувствительности въ кожѣ, какъ это бываетъ на самомъ дѣлѣ. Въ какіе же органы ноги слѣдуетъ локализировать эту чувствительность? Конечно, всего скорѣе въ мышцы и окружающія сочлененія подкожные чувствующіе снаряды, такъ какъ изъ всѣхъ частей ноги только въ этихъ измѣняется состояніе при малѣйшемъ мышечномъ движеніи. Наука и принимаетъ на этомъ основаніи существованіе особеннаго темнаго мышечнаго чувства [1]), которое вмѣстѣ съ кожными и зрительными ощущеніями служитъ, какъ говорится, главнѣйшимъ руководителемъ сознанія въ дѣлѣ координацій движеній. Изъ описанныхъ выше фактовъ очевидно слѣдуетъ, что между этими руководителями самую главную роль нужно приписать мышечному чувству, несмотря на его темноту, а самую меньшую—зрительнымъ актамъ, несмотря на ихъ опредѣленность.

Ощущенія изъ кожи и мышцъ, сопровождая начало, ко-

---

¹) Другіе факты, говорящіе въ пользу его существованія, смотри въ ученіи о зрительныхъ актахъ.

нецъ и всѣ фазы каждаго мышечнаго сокращенія, опредѣляютъ продолжительность каждаго изъ нихъ въ отдѣльности и послѣдовательность, съ которою одна мышца сокращается вслѣдъ за другой. Стало быть все время, пока въ тѣлѣ продолжаются мышечныя сокращенія, изъ кожи и мышцъ движущейся части идетъ непрерывное чувственное возбужденіе къ нервнымъ центрамъ, которое видоизмѣняется по характеру вмѣстѣ съ измѣненіями движеній. Тутъ есть все—и непрерывность чувствованія опоры и періодическое видоизмѣненіе ея (переходъ опоры съ одной ноги на другую), рядомъ съ чувственнымъ различеніемъ положенія движущихся членовъ. Нѣтъ сомнѣнія, что и животныя чувствуютъ опору во время ходьбы, потому что спотыкаются, какъ люди, когда на ходьбѣ нога попадаетъ неожиданно въ углубленіе [1]). Перенесеніе описанныхъ фактовъ съ человѣка на животныхъ должно быть сдѣлано еще по той причинѣ, что локомоція не есть только періодическій рядъ движеній, какъ дыханіе, а рядъ движеній, неразрывно пріуроченный къ передвиженію по твердой опорѣ. У ребенка, который учится ходить, механизмъ періодическихъ передвиганій ногъ, конечно, уже готовъ, потому что при обученіи ходьбѣ нянька или мать только поддерживаютъ его, а ребенокъ самъ передвигаетъ ноги; но у него механизмъ этотъ еще не пріуроченъ къ твердой опорѣ (какъ у животныхъ, родящихся съ готовой локомоціей), дви-

[1]) Мнѣ случалось видѣть нагрузку лошадей на морскіе пароходы. Ихъ поднимаютъ съ пристани паровымъ краномъ на воздухъ, переносятъ по воздуху на палубу и опускаютъ. Вися въ воздухѣ на подпругахъ, онѣ дѣлаютъ обыкновенно нѣсколько безпорядочныхъ брыканій ногами, а опущенныя на палубу (не всѣ, но многія) онѣ сначала какъ будто не вѣрятъ, что подъ ними опять твердая опора и инертно ложатся на землю. Значитъ, ихъ пугаетъ не только летаніе по воздуху, но и нечувствованіе подъ ногами привычной твердой опоры.

женія не согласованы съ идущими изъ нея чувственными сигналами.

Но разъ согласованіе между ними путемъ упражненія достигнуто, механизмъ можетъ уже дѣйствовать повидимому самъ собою. Подобно тому, какъ въ заученныхъ наизусть и рецитируемыхъ стихахъ всякое предшествующее слово влечетъ за собою послѣдующее, такъ и въ ходьбѣ одинъ шагъ слѣдуетъ за другимъ безъ вмѣшательства воли

Въ заключеніе слѣдуетъ однако замѣтить, что автоматія ходьбы опытомъ не доказана. Для этого нужно было бы умѣть воспроизводить естественную послѣдовательность локомоторныхъ фазъ искусственно, при условіи, когда локомоторные центры сами по себѣ дѣйствовать не могутъ, а приводить животныхъ въ такое состояніе мы не умѣемъ.

Итакъ, насколько ходьбу, подобно всякимъ заученнымъ рядамъ движеній, можно считать совершающейся безъ поддержки произвольно двигательныхъ импульсовъ, настолько она можетъ считаться автоматическимъ актомъ, въ которомъ каждое послѣдующее звено опредѣляется предшествующимъ. Именно, можно представлять себѣ ходьбу, какъ рядъ рефлексовъ, въ которыхъ каждое движеніе заканчивается чувствованіемъ, начинающимъ новый рефлексъ.

Условія и механизмъ ускоренія локомоторныхъ движеній неизвѣстны.

Функціи полушарій.

Изъ только что законченнаго описанія отправленій средняго мозга читатель видитъ, что животное безъ полушарій, хотя и представляетъ чудесно устроенную двигательную машину, способную защищаться отъ внѣшнихъ насилій, стоять, ходить и даже обходить препятствія на пути, но въ сравненіи съ нормальнымъ животнымъ, т. е. при цѣлости всего мозга, это все-таки не болѣе, какъ жалкій

чувствующій автоматъ. Безъ гемисферъ чувствованіе, за единственнымъ исключеніемъ (остатки зрѣнія), является лишь безформеннымъ звеномъ въ устройствѣ двигательной машины; поэтому болѣе походитъ на то, что мы называемъ чувствительностью въ снарядахъ, устроенныхъ руками человѣка; а у нормальнаго животнаго оно принимаетъ тѣ непостижимыя формы, которыя мы обозначаемъ словами ощущеніе свѣта, запаха, звуковъ и пр. Животное не только видитъ, слышитъ и осязаетъ, но видимое и слышимое имѣетъ для него образъ, и оно, такъ сказать, знаетъ цѣну этимъ образамъ въ отношеніи къ себѣ—знаетъ частью инстинктивно, частью изъ личнаго жизненнаго опыта. Одни изъ этихъ чувственныхъ вліяній оставляютъ животное равнодушнымъ, другія его къ себѣ притягиваютъ, третьихъ оно пугается и избѣгаетъ. Словомъ, чувствованіе, бывшее у животнаго безъ гемисферъ безформеннымъ, становится въ ихъ присутствіи образнымъ, сознательнымъ [1]) и осмысленнымъ.

Безъ гемисферъ оно сочетано съ движеніями настолько однообразно, что всѣ явленія въ двигательной механикѣ костнаго скелета естественно подводятся подъ три рубрики: защитительныхъ, дыхательныхъ и локомоторныхъ движеній. Въ присутствіи же гемисферъ, сверхъ этихъ сочетаній появляются новыя, настолько разнообразныя по содержанію и формѣ, что акты называются уже „дѣйствіями“. Таковы разнообразные виды инстинктовъ съ ихъ двигательными проявленіями. На этой ступени развитія чувственно-двигательныя сочетанія еще напоминаютъ собою машинообразность рефлексовъ и локомоціи, именно, насколько инстинк-

---

[1]) Возможно, что несознаваемость чувства соотвѣтствуетъ его безформенности и наоборотъ. Если бы это было строго доказано, то такъ называемая «сознательность» чувствованія вытекала бы сама собою изъ его оформленности.

тивное побужденіе выражается внѣшними дѣйствіями всегда на одинъ и тотъ же ладъ, притомъ независимо отъ мѣняющихся условій дѣйствія. Но рядомъ съ подобными фак тами нормальное животное представляетъ множество другихъ, гдѣ дѣйствія имѣютъ такой видъ, какъ будто животное разсуждаетъ. Оно не только различаетъ условія для дѣйствія, но умѣетъ и выбирать способы дѣйствій примѣнительно къ этимъ условіямъ—обладаетъ, какъ говорится, сообразительностью и находчивостью. Оттого-то животному и приписываютъ, по аналогіи съ человѣкомъ, умъ и волю.

Но и этимъ еще не все сказано. Инстинкты животное получаетъ готовыми по наслѣдству отъ расы, потому что они передаются въ неизмѣнномъ (?) видѣ изъ поколѣнія въ поколѣніе. Умѣнье же приспособлять дѣйствія къ измѣненнымъ условіямъ дается только личнымъ жизненнымъ опытомъ и считается непередающимся по наслѣдству. Инстиктивнымъ сочетаніямъ чувства съ движеніемъ соотвѣтствуетъ готовая прирожденная организація нервныхъ снарядовъ, въ томъ самомъ смыслѣ, въ какомъ прирожденъ многимъ животнымъ нервный механизмъ ходьбы. Для дѣйствій же, управляемыхъ умомъ и волей, вслѣдствіе ихъ измѣнчивости, ничего подобнаго, конечно, быть не можетъ. Здѣсь сочетаніе чувства съ движеніемъ въ дѣйствующій измѣнчиво нервный снарядъ можетъ возникать лишь во время индивидуальной жизни. Для этого мозгъ долженъ обладать, въ дѣлѣ сочетанія чувства съ движеніемъ, извѣстной пластичностью, чѣмъ онъ и обладаетъ въ самомъ дѣлѣ. Доказывается это самою высокою и самою удивительною изъ способностей, которыми надѣлено животное при цѣлости полушарій—способностью къ обученію. Многихъ птицъ можно выучить говорить. Неученая собака не умѣетъ ни давать лапки, ни стоять на заднихъ ногахъ; а въ циркахъ онѣ ходятъ и на заднихъ и на переднихъ, ла-

зить по лѣстницамъ головою впередъ и задомъ, сохраняютъ равновѣсіе на катящемся шарѣ и пр. Лошади выучиваются, по знакамъ учителя, измѣнять аллюры, кланяться, ходить на заднихъ ногахъ, принимать неестественные позы и т. п. Все это, конечно, не болѣе какъ заученныя подъ вліяніемъ чувственныхъ воздѣйствій движенія; но они важны для физіолога въ слѣдующемъ отношеніи. Свидѣтельствуя, что при посредствѣ гемисферъ могутъ возникать и упрочиваться въ тѣлѣ странныя и непривычныя для животнаго комбинаціи чувства съ движеніемъ, они дѣлаютъ для ума понятнымъ возникновеніе въ его тѣлѣ чувственно-двигательныхъ сочетаній, заученныхъ не въ манежѣ, а въ основѣ жизни, подъ вліяніемъ чувственныхъ воздѣйствій, приносимыхъ жизненнымъ опытомъ. Образъ жизни у всѣхъ животныхъ одного и того же вида въ общихъ чертахъ одинаковъ; но не всѣ одинаково умны, не у всѣхъ одинъ и тотъ же характеръ и привычки; а умъ, характеръ и привычки, какъ извѣстно, кладутъ печать на дѣйствія. Все, чѣмъ отличается въ дикомъ состояніи, со стороны смѣтливости и находчивости, взрослое животное отъ молодого, „травленый звѣрь“ отъ „нетравленаго“, есть продуктъ личнаго жизненнаго опыта.

Итакъ, говоря вообще, для физіолога съ цѣлостью гемисферъ связаны четыре категоріи явленій: инстинкты, осмысленное чувствованіе, осмысленное движеніе и согласованіе двухъ послѣднихъ въ осмысленное дѣйствіе. Не нужно однако думать, что всякая частная форма инстинкта, осмысленнаго чувствованія или движенія представляетъ цѣликомъ продуктъ дѣятельности гемисферъ. Въ сложныхъ актахъ чувствованія на долю гемисферъ приходятся лишь тѣ стороны явленій, которыя мы выражаемъ словами качество ощущенія (свѣтъ, запахъ, вкусъ и пр.), его сознательность и осмысленность. Тоже и съ движеніями, зависящими отъ дѣятельности гемисферъ: въ нихъ на долю послѣднихъ приходятся лишь тѣ стороны, изъ за ко-

торыхъ движеніе считается въ одно и тоже время внушеніемъ ума и актомъ воли.

Къ сожалѣнію, время для физіологическаго, т. е. опытнаго, изученія инстинктовъ на животныхъ еще не настало, и объ нихъ у насъ вовсе не будетъ рѣчи. Того, что происходитъ въ полушаріяхъ, когда мы ощущаемъ свѣтъ, запахъ и пр., и какимъ процессомъ опредѣляется сознательность и осмысленность чувствованія, мы тоже не знаемъ. Поэтому опытное изученіе относящихся сюда вопросовъ сводится пока на опредѣленіе мѣстъ или участковъ полушарій, отъ цѣлости которыхъ зависятъ упомянутые выше характеры чувствованія. Съ произвольными движеніями дѣло стоитъ нѣсколько лучше, съ тѣхъ поръ, какъ этого вопроса коснулась творческая рука великаго Гельмгольтца. То немногое, что мы въ этомъ отношеніи знаемъ, благодаря его указаніямъ, имѣетъ столь большую важность, что нельзя не остановится на вопросѣ объ отношеніи воли къ двигателямъ тѣла.

Если перебрать въ умѣ всѣ извѣстные изъ обыденной жизни случаи вліянія воли на движенія, то можно подумать, что она властна надъ всѣми почти двигателями тѣла или, по крайней мѣрѣ, надъ всѣми мышцами костнаго скелета и нѣкоторыми изъ полостныхъ. Такъ, мы можемъ намѣренно, произвольно, мигать, кашлять, чихать, сближать или натягивать голосовыя связки (при пѣніи) и столько же произвольно удерживаться отъ миганья, кашля, чиханія и подавлять спазмы гортанныхъ мышцъ. Дыхательныя движенія тоже умѣемъ произвольно воспроизводить и останавливать. Брюшной прессъ опять въ нашей волѣ, а о власти ея надъ руками и надъ движеніями ногъ при ходьбѣ и говорить нечего [1]). Словомъ, власть воли надъ мышцами

[1]) Все это всего лучше видно изъ слѣдующаго: человѣкъ, умѣющій писать правою рукою, умѣетъ въ тоже время писать не только лѣвою рукою, но и обѣими ногами, равно какъ движеніями головы и даже всего туловища.

костнаго скелета, повидимому, безгранична, и дѣйствіе ея двоякое: она одинаково легко производитъ движенія и угнетаетъ ихъ.

Не трудно однако убѣдиться, что власть ея надъ мышцами далеко не безгранична и во многихъ случаяхъ условна Дыхательныя мышцы съ ихъ нервами въ правой и лѣвой половинѣ тѣла, представляютъ двѣ раздѣльныя системы, а между тѣмъ потребуйте отъ человѣка, чтобы онъ произвольно дышалъ или работалъ при пѣніи одною половиной этихъ мышцъ—никто сдѣлать этого не въ состояніи. Еще рѣзче соотвѣтственныя явленія на глазахъ. Оба глаза совмѣстно воля очень легко поднимаетъ вверхъ и опускаетъ внизъ, поворачиваетъ направо, налѣво и навстрѣчу другъ другу. Съ каждымъ глазомъ въ отдѣльности (когда другой закрытъ) она продѣлываетъ всѣ эти движенія; и объясняется это тѣмъ, что въ каждомъ глазу есть отдѣльныя мышцы для его поднимапія, опусканія и поворотовъ направо и налѣво. Но скажите человѣку, чтобы онъ смотрѣлъ однимъ глазомъ направо, а другимъ налѣво, однимъ вверхъ, а другимъ внизъ — ни единый человѣкъ сдѣлать этого не можетъ; а между тѣмъ мышцы съ раздѣльностью путей для такихъ комбинацій есть. Дѣло въ томъ, что подъ вліяніемъ потребности яснаго видѣнія (см. ниже о глазѣ) глаза пріучены съ дѣтства къ тѣмъ комбинированнымъ движеніямъ, надъ которыми воля пріобрѣла власть; а ненормальныя сочетанія (одинъ вверхъ, другой внизъ, одинъ направо, другой на лѣво) не образовались и не могли образоваться по той причинѣ, что на нихъ не было спроса въ жизни. Послѣднее вытекаеть съ особенной ясностью изъ слѣдующаго обстоятельства. Жизнь заставляетъ насъ смотрѣть гораздо чаще прямо передъ собой или нѣсколько внизъ, чѣмъ вверхъ. Наклоненными осями глазъ мы смотримъ всего чаще, именно при всѣхъ ручныхъ работахъ, и при этомъ намъ приходится смотрѣть обыкновенно вблизь, для

чего требуется сводить болѣе или менѣе сильно зрительныя оси навстрѣчу другъ другу; а смотрѣніе вверхъ связано обыкновенно со смотрѣніемъ вдаль, которое требуетъ слабаго сведенія зрительныхъ осей. Соотвѣтственно этому, сводить сильно глаза навстрѣчу другъ другу при наклонныхъ осяхъ очень легко, а при смотрѣніи вверхъ очень трудно. Съ этой же точки зрѣнія вполнѣ объясняется наибольшая властность воли надъ движеніями рукъ, особенно правой:—изъ всѣхъ членовъ тѣла у человѣка рука есть органъ, наиболѣе упражненный въ самыхъ разнообразныхъ движеніяхъ, потому что это его главный рабочій органъ. Съ другой стороны, мы знаемъ изъ явленій на атактикахъ, что даже надъ руками и ногами власть воли условна — отнимите у ногъ чувство опоры или мышечное чувство' сопровождающія движенія, и власть воли кончается. Тоже самое съ глотаніемъ: быстро другъ за другомъ разъ 5 или 6 можно произвольно произвесть глотательное движеніе; но въ 7-й, 8-й разъ это уже не удается. Разгадка лежитъ въ томъ, что пока во рту есть слюна, какъ объектъ, для глотанія, движеніе возможно, а безъ такого предмета, такъ сказать въ сухомятку, оно невозможно. Объясняется и это тѣмъ, что послѣдовательныя фазы глотанія опредѣляются чувствомъ, сопровождающимъ передвиженіе глотаемаго предмета по полости зѣва и глотки.

Изъ всего сказаннаго вытекаетъ, что *движенія*, которыя мы называемъ *произвольными*, суть въ сущности *привычныя движенія, заученныя подъ вліяніемъ жизненныхъ потребностей*. Тѣ, на которыхъ спроса въ жизни нѣтъ, возникнуть не могутъ, хотя бы двигатели были на лицо [1]). Какъ бы ни было просто произвольное движеніе (хотя бы напр. протягиваніе руки, чтобы взять перо, придвинуть чернилицу и т. п.),

---

[1]) У человѣка есть мышцы для движеній ушными раковинами, но произвольно двигать ушами люди не умѣютъ.

въ основѣ его всегда лежитъ сознаваемая человѣкомъ цѣль, т. е. какое-нибудь душевное движеніе; поэтому произвольныя движенія по справедливости называются въ физіологіи *психо-моторными актами.*

Вліянія воли, производящія остановку существующихъ движеній и импульсовъ къ нимъ (подавленіе кашля, чиханія и пр.) столь очевидны, что существованіе ихъ въ нервной жизни человѣка не требуетъ доказательствъ; но выше было сказано, что существованіе тормазовъ въ отношеніи движеній въ области мышцъ костнаго скелета для человѣка опытно не доказано. Какимъ же образомъ производятся у него оба эти эффекта? Въ виду того, что человѣкъ и животныя умѣютъ ходить впередъ и назадъ, и для каждаго движенія головы, туловища, руки и ноги въ данномъ направленіи въ тѣлѣ существуетъ антагонистическое въ обратномъ, и оба они одинаково подчинены волѣ, можно было бы думать, что остановки движеній и угнетеніе импульсовъ къ нимъ производятся игрою антагонистовъ. Къ сожалѣнію, и этотъ способъ дѣйствія никѣмъ не былъ еще доказанъ опытно для такихъ случаевъ, гдѣ, при несомнѣнномъ существованіи импульсовъ къ движеніямъ, въ тѣлѣ наблюдается совершенный покой. По этой причинѣ явленія можно по сіе время объяснять на два лада, и выборъ между ними для разныхъ случаевъ зависитъ оттого, что къ одному легче приложимо торможеніе, къ другому антагонистическое дѣйствіе двигателей.

По аналогіи съ тѣмъ, что намъ уже извѣстно объ остановкахъ сердца въ діастолѣ, дыхательныхъ движеній въ фазѣ выдыханія и угнетеніи движеній въ сферѣ мышцъ костнаго скелета на лягушкѣ, естественно думать, что во всѣхъ случаяхъ, гдѣ завѣдомо существуютъ сильные импульсы къ движеніямъ, но человѣкъ побѣждаетъ ихъ силой воли, и остается при этомъ совершенно спокойнымъ, въ тѣлѣ его дѣйствуютъ тормазы. Кто не слыхалъ разсказовъ

о томъ, какъ дѣйствуетъ въ бояхъ свистъ пуль на новичковъ въ дѣлѣ и на обстрѣленныхъ. Новичекъ, какъ говорится, кланяется каждой пулѣ, а обстрѣленный выноситъ ихъ свистъ съ виду совершенно спокойно, хотя, конечно чувство самосохраненія побуждаетъ кланяться и его. Есть люди, которые выносятъ, безъ криковъ и *не напрягая мускуловъ* тѣла, мучительныя боли при хирургическихъ операціямъ, и сюда же, конечно, относятся вообще случаи, когда человѣкъ проявляетъ въ критическихъ обстоятельствахъ *спокойное* самообладаніе. Нѣчто подобное замѣчается съ виду и на животныхъ. Стойка дрессированной собаки надъ дичью или остановка кошки передъ прыжкомъ на добычу могутъ служить картинными примѣрами задержки страстныхъ импульсовъ къ движенію; но здѣсь задержку легче объяснить дѣйствіемъ антагонистовъ, потому что все тѣло животнаго находится въ напряженномъ состояніи. Это не есть покой всѣхъ вообще двигателей, вызываемый торможеніемъ. Рядомъ съ фактами угнетенія движенія воли существуютъ другіе, гдѣ изъ гемисферъ исходятъ, независимо отъ воли, вліянія опять съ характеромъ торможенія. Такъ, сосредоточенная умственная дѣятельность угнетаетъ движенія, дѣлая человѣка нечувствительнымъ къ такимъ вліяніямъ, которые при иныхъ условіяхъ вызвали бы движенія; и сюда же относятся можетъ быть невольныя остановки послѣднихъ (даже дыхательныхъ движаній), когда человѣкъ или животное прислушивается къ внезапному звуку или пристально приглядывается къ чему нибудь.

Насколько во всѣхъ перечисленныхъ случаяхъ подавленіе движеній не связано ни съ малѣйшей напряженностью мышцъ, дѣйствовавшихъ и остановившихъ движеніе, настолько подавленіе произведено тормазами и наоборотъ. Прямыхъ опытовъ въ пользу того или другого толкованія, опять повторяю, нѣтъ, если не считать таковыми слѣдую-

щихъ фактовъ на животныхъ съ оперированнымъ головнымъ мозгомъ, которые истолковываются Гольтцемъ [1]), какъ эффекты тормозящихъ вліяній. На собакахъ съ удаленными передними долями полушарій онъ наблюдалъ, по миновании всѣхъ болѣзненныхъ припадковъ операціи, очень рѣзкое повышеніе кожно-мышечныхъ рефлексовъ на сторонѣ пораненія, и объясняетъ явленіе тѣмъ, что операціей удаляются механизмы, тормозящіе спинно-мозговые рефлексы. Наооборотъ, параличныя съ виду явленія, слѣдующія непосредственно за пораненіемъ гемисферъ и мало по малу разсѣивающіяся по мѣрѣ выздоровленія животнаго, онъ считаетъ эффектами раздраженій съ поверхности раны, т. е. возбужденіемъ тормозящихъ вліяній.

Этимъ я заканчиваю бѣглое описаніе главнѣйшихъ чертъ гемисферной дѣятельности у животныхъ и человѣка. Сказаннымъ, конечно, далеко не исчерпывается сумма наблюдаемыхъ фактовъ, но полное описаніе ихъ и не могло входить въ планъ нашихъ очерковъ—наше дѣло было лишь намѣтить тѣ черты мозговой дѣятельности, которыя даютъ ключъ къ уразумѣнію явленій на животныхъ съ оперированнымъ мозгомъ и на людяхъ съ болѣзненными пораженіями той или другой части полушарій. Съ такими оцѣночными критеріями въ рукахъ я могу уже приступить къ описанію опытовъ надъ гемисферами, предпославъ однако нѣкоторыя предварительныя свѣденіи объ ихъ устройствѣ и отношеніи къ прочимъ частямъ спинно-мозговой оси.

Гемисферы представляютъ у животныхъ самый передній конецъ спинно-мозговой оси, состоящій изъ двухъ явственно раздѣльныхъ и симметрично устроенныхъ половинъ, правой и лѣвой, соединенныхъ между собою поперечно-волокнистой спайкой. Въ составъ ихъ входитъ сѣрое и бѣ-

---

[1]) Первымъ спеціалистомъ въ Европѣ по части мозговыхъ операцій на собакѣ.

лое вещество; но распредѣлено оно здѣсь иначе чѣмъ въ спинномъ мозгу: сѣрое вещество лежитъ на поверхности полушарій, облегая тонкимъ непрерывнымъ слоемъ всю массу бѣлаго вещества, наподобіе свода. Слой этотъ, называемый *корковымъ*, представляетъ систему гемисферныхъ центровъ, а подлежащее бѣлое вещество—систему родя-

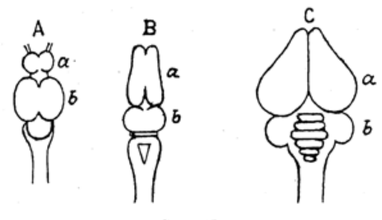


Рис. 51.

A—головной мозгъ рыбы, B—лягушки, C—птицы; a повсюду полушарія, b—среднія части мозга.

щихся изъ нихъ волоконъ, которыми связаны разные отдѣлы гемисферныхъ центровъ другъ съ другомъ и съ подлежащими частями мозговой оси. Важно замѣтить, что корковый слой нигдѣ не переходитъ съ одного полушарія на другое; слѣдовательно гемисферные центры представляютъ двѣ совершенно раздѣльныя системы, соединенныя въ единое цѣлое лишь при посредствѣ волоконъ (т. е. проводниковъ!) поперечной спайки.

Чѣмъ выше стоитъ позвоночное въ зоологической лѣстницѣ, тѣмъ больше развиты полушарія на счетъ среднихъ частей, мозга и наоборотъ [1]. У человѣка развитіе геми-

[1]) Въ виду этихъ фактовъ, недавно еще существовалъ обычай взвѣшивать по смерти головной мозгъ людей, прославившихся при жизни умственною дѣятельностью, причемъ выходили изъ мысли, что вѣсомъ мозга выражается, можетъ быть, не только степень вещественнаго, но и функціональнаго азвитія гемисферъ. Относительно попытокъ этого рода одинъ изслѣдователь

сферъ наибольшее. Рядомъ съ увеличеніемъ ихъ массы увеличается, конечно, и поверхность сѣраго корковаго слоя. Увеличеніе послѣдней усиливается еще существованіемъ на ней извилистыхъ углубленій, которыя тѣмъ многочисленнѣе и глубже, чѣмъ выше животное. У лягушки поверхность полушарій совсѣмъ еще гладкая, а у человѣка извилистость бороздъ самая сильная. О строеніи собственно корковая слоя говорить я не буду, потому что какіе-либо физіологическіе выводы изъ него пока невозможны. Достаточно будетъ замѣтить, что оно повсюду представляетъ мозаичное расположеніе клѣточныхъ элементовъ, напоминающее мозаичность устройства внѣшнихъ чувствующихъ поверхностей нашего тѣла. Отсюда, по аналогіи съ тѣмъ, что мы знаемъ относительно послѣднихъ, можно было бы думать, что гемисферные центры распадаются на многіе милліоны рабочихъ единицъ микроскопической величины. Но единицы эти связаны между собою, повидимому, очень разнообразно, притомъ работа отдѣльныхъ элементовъ мозаики неизвѣстна; поэтому отсюда сдѣлать достовѣрныхъ выводовъ нельзя. Что касается до связей гемисферныхъ центровъ съ подлежащими частями спинно-мозговой оси, то всѣ они идутъ въ видѣ волоконъ, направляющихся отъ окружности свода, т. е. корковаго слоя, къ его центру и кончаются въ центральныхъ образованіяхъ средняго и задняго мозговаго пояса. Единственное исключеніе изъ этого правила признается лишь у человѣка для части путей, по которымъ идутъ изъ гемисферъ произвольно-двигательные импульсы къ мышцамъ костнаго скелета. Пути эти минуютъ цент-

не безъ основанія замѣтилъ, что онѣ имѣютъ такое же значеніе, какъ если бы кто вздумалъ взвѣшивать цѣлые города и судить по вѣсу объ ихъ богатствѣ и благоустройствѣ. Въ настоящее время, когда свѣдѣнія наши о функціяхъ корковаго слоя подвинулись впередъ, начинаютъ присматриваться къ объемамъ нѣкоторыхъ участковъ между извилинами.

ральныя образованія средняго и задняго мозга, тянутся въ видѣ непрерывныхъ волоконъ отъ гемисферъ къ началамъ двигательныхъ нервовъ. Значитъ у человѣка и животныхъ всѣ безъ исключенія чувствующіе пути отъ поверхностей тѣла, включая сюда и всѣ высшіе органы чувствъ, непремѣнно прерываются хоть одинъ разъ центральными образованіями средняго или задняго пояса, т. е. бразованіями иного порядка, чѣмъ гемисферные центры и тоже самое должно быть сказано, за приведеннымъ выше исключеніемъ, относительно всѣхъ двигательныхъ путей изъ полушарій. Относительно этихъ перерывовъ рѣчь у насъ еще впереди. Въ заключеніе слѣдуетъ сказать, что у животныхъ каждое полушаріе связано чувствующими (кожными) и двигательными путями съ обѣими половинами туловища и конечностей; но наиболѣе привычный и торный изъ нихъ есть путь перекрестный; т. е. нормально, кожная чувствительность и движенія въ правой половинѣ тѣла управляются изъ лѣваго полушарія, а въ лѣвой изъ праваго. Не перекрещиваются только обонятельные пути.

Итакь, по своему устройству гемисферы представляютъ органъ, специальныя дѣятельности котораго зависятъ отъ сѣраго вещества корковаго слоя.

Опыты надъ полушаріями съ физіологическими цѣлями могутъ, по самому смыслу дѣла, заключаться лишь въ наблюденіи функціональныхъ разстройствъ, причиняемыхъ большимъ или меньшимъ нарушеніемъ ихъ цѣлости. Полное удаленіе обоихъ полушарій выносятъ только низшія позвоночныя до кролика включительно, а частичное крупными долями возможно и на высшихъ. Всего же чаще практикуется съ 60 годовъ пріемъ электрическаго раздраженія и разрушенія корковаго слоя въ различныхъ мѣстахъ его поверхности. Всѣ эти пріемы въ сущности равнозначны, потому что специальныя функціи гемисферъ суть функціи хъ корковаго слоя; но послѣдній изъ способовъ даетъ, ко-

нечно, больше подробностей. Случаи къ изученію соотвѣтственныхъ явленій на человѣкѣ представляютъ болѣзненныя измѣненія той или другой части полушарій у людей, страдавшихъ при жизни извѣстными разстройствами въ области чувствованіи и движеній.

У рыбъ и лягушекъ, вслѣдствіе слабаго развитія гемисферъ и сравнительной бѣдности ихъ нервной жизни тонкостями, свойственными лишь высшимъ позвоночнымъ, (а также потому, что мы мало знакомы съ тѣми тонкостями, которыя у нихъ есть), удаленіе гемисферъ производитъ столь незначительныя съ виду измѣненія, какъ будто эти животныя живутъ однимъ среднимъ мозгомъ. Вполнѣ оправившись отъ послѣдствій операціи, они сохраняютъ движенія съ произвольнымъ характеромъ—умѣютъ отъискивать пищу.

Иное представляютъ уже птицы. Въ видѣ примѣра приведу описаніе явленій на курицѣ безъ гемисферъ по Экснеру.

„...Оправившись отъ операціи, животныя впадаютъ въ сонливое состояніе и, спрятавъ голову въ перья, проводятъ въ такомъ положеніи большую часть дня. Временами просыпаются и начинаютъ бродить, какъ будто съ осторожностью и нерѣдко вдругъ останавливаются середь комнаты, промежъ ходящихъ взадъ и впередъ людей, чтобы снова впасть въ спячку. Черезъ нѣсколько дней послѣ операціи можно подмѣтить, что животное ищетъ корма, т. е. клюетъ въ полъ—все ровно, лежитъ ли на немъ что-нибудь или нѣтъ, и царапаетъ его ногами. Нѣкоторыя курицы выучиваются подбирать съ полу кормъ, хотя и неловко, а другія не выучиваются. Съ другой стороны, я разъ нашелъ въ зобу курицы холщевую полосу почти въ полметра длинной.. Способность видѣть остается, потому что онѣ не натыкаются на предметы, и глаза ихъ слѣдуютъ за свѣтомъ... Труднѣе рѣшить, способны ли животныя слышать,

хотя Лонже и разсказываетъ, что ему удавалось подмѣтить движеніе испуга отъ выстрѣла... На болевыя вліянія животныя отвѣчаютъ защитительными движеніями; но дѣлать отсюда выводы, что сохранилось сознательное осязаніе можно лишь съ большой осторожностью, потому что такія движенія могутъ происходить и при посредствѣ одного спиннаго мозга. Наиболѣе важное явленіе на курицѣ съ отнятыми полушаріями—это потеря ума. Подъ этимъ я разумѣю то, что животное не умѣетъ найтись въ мало-мальски затруднительныхъ обстоятельствахъ и не способно ни къ какимъ инымъ дѣйствіямъ, кромѣ такъ называемыхъ инстинктивныхъ. Такъ, сохраняя способность обходить препятствія на пути, если подойдетъ къ нимъ близко, и взбираться на предметы вышиною въ нѣсколько сантиметровъ, курица не умѣетъ взлетѣть съ пола на стулъ, даетъ себя взять въ руки (послѣ чего неискусно сопротивляется) и очень неловко слетаетъ со стола на полъ.. Такая курица не боится собакъ и не выбираетъ себѣ привычнаго или любимаго мѣста сидѣнья, оставаясь спокойной, гдѣ бы ее ни посадили".

Рядомъ съ такими глубокими измѣненіями, вслѣдствіе удаленія обоихъ полушарій, эффекты удаленія одного изъ нихъ поражаютъ своей незначительностью, когда животное совсѣмъ оправится отъ послѣдствій операціи. Гольтцу удался одинъ такой опытъ на собакѣ, и онъ наблюдалъ животное 15 мѣсяцевъ послѣ операціи. По его словамъ, собака съ удаленнымъ лѣвымъ полушаріемъ съ виду совершенно нормальна, за единственнымъ исключеніемъ:—она плохо фиксируетъ правымъ глазомъ лицо зовущаго человѣка. На зовъ однако идетъ, радостно махая хвостомъ; слѣдуетъ за хозяиномъ во всевозможныхъ направленіяхъ; ходитъ, бѣгаетъ и прыгаетъ, какъ нормальная. При болѣе тщательномъ изслѣдованіи, однако, оказывается, что она владѣетъ мышцами правой половины тѣла менѣе совершенно, чѣмъ

мышцами лѣвой. Переходя черезъ рѣшетчатый помостъ, проваливается ногами правой стороны. Ходя свободно по комнатѣ, чаще поворачивается налѣво, чѣмъ направо. Пробы тонкою струею воздуха на обѣ половины тѣла показываютъ ясное притупленіе кожной чувствительности справа; но на болѣе грубыя вліянія и эта половина реагируетъ. Чувствительность кожи къ холоду тоже понижена справа—животное не замѣчаетъ, попадая правыми ногами въ холодную воду. Зрѣніе праваго глаза было поражено. Собака узнавала мясо только правою половиною глаза (см. ниже), не натыкалась на предметы, но оставалась равнодушною къ угрожающимъ движеніямъ передъ самымъ глазомъ. Слухъ тоже нѣсколько пострадалъ: отвѣчая на ласковый призывъ, животное не обнаруживало страха и не убѣгало отъ грознаго крика. Вообще же, оно нѣсколько отупѣло послѣ операціи, утративъ прежнюю веселость и живость. Перестала играть съ другими собаками и стала даже относиться къ нимъ враждебно.

На людяхъ извѣстны случаи полнаго перерожденія одной изъ гемисферъ при жизни, причемъ умственныя способности сохранялись, но сопровождались параличами движенія въ противуположной половинѣ тѣла. Послѣднее отличіе человѣка отъ животныхъ объясняютъ приведенной выше разницей между ними въ устройствѣ путей, по которымъ распространяются произвольно двигательные импульсы. Но какъ объяснить рѣзкую разницу явленій на животныхъ, когда отсутствуютъ оба полушарія или только одно? Если принять, что при нормальныхъ условіяхъ въ процессахъ умственной жизни участвуетъ перемѣнно то одно, то другое полушаріе, то приведенные факты вытекали бы отсюда сами собою. Если же нормально работаютъ оба полушарія разомъ, то пришлось бы допустить функціональное замѣстительство потеряннаго полушарія оставшимся цѣлымъ. Опыты показываютъ, что въ нѣкоторыхъ отношеніяхъ спра-

ведливо и то и другое; но второе въ несравненно большей степени, чѣмъ первое. Такъ, для большинства людей (за исключеніемъ лѣвшей) доказано, что „двигательный центръ рѣчи“ лежитъ у нихъ въ лѣвомъ полушаріи, такъ что мы говоримъ лѣвымъ полушаріемъ, а лѣвши—правымъ. Управляются движенія обоихъ глазныхъ яблокъ тоже, повидимому, изъ одного полушарія (можетъ быть также жевательныя движенія). Кромѣ того, функціональное замѣстительство выводится Гольтцомъ изъ слѣдующихъ добытыхъ имъ на животныхъ фактахъ:

1) Пока одно полушаріе цѣло, пораненіе другого, какъ бы значительно оно не было, даетъ въ періодъ стаціонарныхъ измѣненій (т. е. когда животное вполнѣ выздоровѣло отъ операціи) лишь мало замѣтное ослабленіе умственныхъ способностей, чувствованія и движеній.

2) Функціональныя разстройства, произведенныя пораненіемъ полушарій, выступаютъ несравненно рѣзче, если поранены симметричныя части съ обѣихъ сторонъ разомъ. Другими словами, въ замѣстительствѣ главную роль играютъ симметричные отдѣлы обоихъ полушарій.

Не замѣщаются только зрительныя функціи гемисферъ: лѣвымъ полушаріемъ мы видимъ лѣвыя половины поля зрѣнія обоихъ глазъ, а правымъ правыя.

Съ этихъ точекъ зрѣнія уже удовлетворительно объясняются всѣ факты на собакѣ съ однимъ полушаріемъ. Во всякомъ же случаѣ изъ нихъ съ очевидностью вытекаетъ, что у этого животнаго каждая гемисфера соединена съ обѣими половинами тѣла какъ двигательными, такъ и чувствующими путями.

Столь-же важны опыты Гольтца съ удаленіемъ на собакѣ или обѣихъ переднихъ, или обѣихъ заднихъ долей полушарій разомъ.

Въ первомъ случаѣ онъ наблюдалъ, послѣ полнаго выздоровленія животнаго, болѣе или менѣе сильное разстрой

ство локомоціи (неуклюжесть, неловкость движеній) и полную потерю заученныхъ движеній (даванье лапки), при совершенномъ отсутствіи двигательныхъ параличей. Осмысленное чувствованіе остается, но умственныя способности притуплены. Собака узнаетъ глазами знакомые предметы, идетъ на зовъ; но выраженіе глазъ у нея тупое; она не обнаруживаетъ страха и не умѣетъ найтись въ самыхъ, повидимому, нехитрыхъ условіяхъ. Такъ, если нормальной собакѣ повѣсить на ниткѣ передъ носомъ длинный кусокъ мяса, то она поворачиваетъ шею съ головой на 90° и схватываетъ кусокъ. Оперированныя же спереди собаки не въ силахъ, по наблюденіямъ Гольтца, додуматься до такого поворота головы и тщетно стараются схватить зубами постоянно ускользающій отъ нихъ кусокъ мяса. Всего же поразительнѣе въ нихъ измѣненіе характера (изъ 24 случаевъ въ 22). Смирныя добронравныя собаки становились, по удаленіи переднихъ долей мозга, крайне раздражительными и злыми; не выносили вида другой собаки и бросались на нее безъ всякаго повода, даже въ случаѣ, если ей уже не разъ приходилось горько платиться за свою дерзость. Такая перемѣна оставалась неизмѣнной, слѣдовательно обусловливалась не раздраженіемъ въ оперированномъ мѣстѣ мозга, а скорѣе удаленіемъ нѣкоторыхъ центральныхъ органовъ. И такъ какъ рядомъ съ этимъ у собакъ замѣчалось чрезвычайное усиленіе кожно-мышечныхъ рефлексовъ, то оба рода явленій Гольтцъ объясняетъ удаленіемъ изъ гемисферъ механизмовъ, тормозящихъ движенія въ сферѣ костнаго скелета.

По удаленіи заднихъ долей полушарій движенія разстраиваются гораздо менѣе—сохраняется даже умѣнье давать лапку не на словесное приказаніе, а на дотрогиванія до нея рукою; но зато сильнѣйшимъ образомъ поражено осмысленное чувствованіе, особенно зрѣніе. При поверхностномъ изслѣдованіи такія собаки кажутся совсѣмъ слѣ-

пыми—не узнаютъ издали знакомыхъ людей (вообще узнаютъ ихъ обоняніемъ), не понимаютъ угрожающихъ жестовъ, вида плетки и равнодушны даже къ такимъ зрительнымъ вліяніямъ, какъ внезапное приближеніе къ глазамъ зажженной свѣчки. Но у нихъ, по мнѣнію Гольтца, остаются слѣды зрительнаго руководства движеніями (какъ у кроликовъ съ отнятыми полушаріями). На зовъ собака реагируетъ; но не обнаруживаетъ страха на угрозы голосомъ или на злобное ворчаніе другихъ собакъ. Кожная чувствительность тоже притуплена. Всего же замѣчательнѣе нерѣдко наблюдаемое измѣненіе въ характерѣ, прямо противуположное тому, которое замѣчается по удаленіи переднихъ долей. Злыя раздражительныя собаки, не переносившія приближенія другой или даже человѣка, становятся иногда смирными, довѣрчивыми и ласковыми животными по удаленіи заднихъ долей.

Итакъ, съ цѣлостью переднихъ долей мозга связана главнымъ образомъ координація движеній у животныхъ, а съ цѣлостью заднихъ—осмысленное чувствованіе.

Опыты надъ сѣрою корою полушарій начались со времени знаменитаго открытія Фрича и Гитцига, показавшихъ, что у всѣхъ позвоночныхъ, начиная съ лягушки, на поверхности полушарій есть мѣста, электрическое раздраженіе которыхъ вызываетъ сокращеніе опредѣленныхъ мышцъ скелета. Къ опытамъ электрическаго раздраженія вскорѣ они присоединили опыты частичныхъ разрушеній корковаго слоя, и оба эти пріема, какъ контролирующіе другъ друга, сдѣлались господствующими въ дѣлѣ изученія функцій полушарій. Главныя выгоды этого способа заключаются въ примѣнимости его къ высшимъ позвоночнымъ до обезьяны включительно и въ дробности показаній. Такъ, благодаря этому способу, мы не только знаемъ вообще, что изъ переднихъ долей полушарій иннервируются преимущественно движенія, а съ цѣлостью заднихъ связаны слухъ и зрѣніе, но знаемъ нѣкоторыя подробности въ распредѣленіи по по-

верхностямъ полушарій различныхъ по функціи двигательныхъ и чувствующихъ участковъ.

У собаки точки гемисферъ, электрическое раздраженіе которыхъ вызываетъ движенія въ мышцахъ костнаго скелета, лежатъ въ окружности крестовидной бороды, переходя отъ нея въ лобныя и теменныя доли. Если употреблять возможно слабые токи, то удается наблюдать въ отдѣльности сокращенія нѣкоторыхъ мышечныхъ группъ въ лицѣ и конечностяхъ, и всегда въ половинѣ тѣла, накрестъ лежащей отъ мѣста раздраженія [1]). Если же эти самыя мѣста коры разрушать, то получаются полу-паралитическія явленія въ членахъ, мышцы которыхъ возбуждались при раздраженіи; притупленіе чувствительности и признаки потери мышечнаго чувства. Членъ (напр. конечность) въ сущности не парализованъ, но животное плохо владѣетъ имъ; ставитъ напр. при ходьбѣ полу-паралпчную ногу на полъ не подошвой, а спиной лапы; не чувствуетъ неловкости приданнаго ей неестественнаго положенія (потеря мышечнаго чувства); въ тѣхъ случаяхъ, когда животное вынуждено дѣйствовать той или другой лапой въ отдѣльности (наприм. срывать лапой повязку съ глазъ), оно пускаетъ въ дѣло только здоровую. Съ теченіемъ времени всѣ эти симптомы постепенно ослабѣваютъ до полнаго почти исчезновенія и тѣмъ скорѣе, чѣмъ меньше величина пораненія. Если же разрушены одноименныя части коры съ обѣихъ сторонъ, то всѣ вообще явленія выражены несравненно рѣзче, какъ первичныя вслѣдъ за операціей, такъ и послѣдовательныя за выздоровленіемъ; но и здѣсь остается лишь разстройство координаціи движеній, а не параличи ихъ. Послѣднее несомнѣнно вытекаетъ изъ приведенныхъ выше опытовъ Гольтца надъ передними долями мозга, при которыхъ удалялись всѣ двигательные участки съ обѣихъ сторонъ, а животное со-

[1]) Одновременно сокращаются съ обѣихъ сторонъ мышцы глазъ, гортани, языка и жевательныя.

хранило умѣнье ходить, бѣгать и даже прыгать, утративъ навсегда лишь такія заученныя движенія, какъ даванье лапки.

Значитъ, у собаки двигательная механика тѣла, хотя и зависитъ отъ гемисферъ, преимущественно отъ переднихъ долей мозга, но скорѣе черезъ психику и сознательное кожно-мышечное чувство, чѣмъ прямо. Локомоторный аппаратъ, со всѣми его приспособленіями, лежитъ у нея повидимому внѣ гемисферы—изъ послѣднихъ, вѣроятно, выходитъ лишь контроль локомоторныхъ движеній кожно-мышечнымъ чувствомъ. Въ этомъ смыслѣ разрушеніе описанныхъ участковъ корковаго слоя соотвѣтствовало бы разстройству гемисферной регуляціи локомоціи, при посредствѣ сознательнаго кожно-мышечнаго чувства.

Для поясненія этой мысли я приведу примѣръ. Когда мы идемъ не запинаясь, то какъ будто не чувствуемъ актовъ ходьбы, но стоитъ запнуться, и тотчасъ же является сознательное чувствованіе съ послѣдующей затѣмъ двигательной поправкой. Спачала происходитъ остановка локомоціи, а уже затѣмъ поправочное движеніе. Сигналъ даетъ кожно-мышечное чувство въ гемисферы, и изъ нихъ же выходитъ двигательная поправка. Стоитъ сигнальной части разстроиться, и поправокъ движенія не будетъ—оно остается разстроеннымъ, оставаясь лишь подъ менѣе совершеннымъ контролемъ зрѣнія.

Отсюда слѣдовало бы, что у собаки *участки мозговой коры, электрическое раздраженіе которыхъ даетъ движенія въ мышцахъ костнаго скелета, суть психомоторные центры.*

Соотвѣтственные участки мозга у человѣка (на основаніи патологическихъ наблюденій) лежатъ главнымъ образомъ въ темянной области, переходя отчасти въ лобныя доли. Съ анатомической стороны, это суть мѣста, изъ которыхъ родятся т. наз. пирамидные пути, идущіе безъ перерыва въ спинной мозгъ; а болѣзненное разрушеніе ихъ

даетъ дѣйствительные параличи произвольныхъ движенiй. Стало быть, у человѣка двигательные участки несомнѣнно представляютъ мѣста, изъ которыхъ воля дѣйствуетъ на двигателей костнаго скелета.

Перехожу къ опытамъ надъ корою затылочныхъ и височныхъ долей.

Всѣ изслѣдователи согласны въ томъ, что у собаки и обезьяны разстройства зрѣнiя получаются въ наиболѣе рѣзкой формѣ при экстирпацiи коры затылочныхъ долей. Всѣ согласны далѣе въ томъ, что такiя разрушенiя съ одной стороны ведутъ къ зрительнымъ разстройствамъ въ обоихъ глазахъ, причемъ страдаютъ половины обѣихъ сѣтчатокъ на сторонѣ пораненiя. Такъ, разрушенiе слѣва даетъ разстройство въ лѣвыхъ половинахъ сѣтчатокъ или, что тоже, въ правыхъ половинахъ поля зрѣнiя обоихъ глазъ.

Наконецъ большинство изслѣдователей держится мнѣнiя, что разрушенiе зрительной сферы мозговой коры ведетъ за собою не полную слѣпоту, а лишь потерю осмысленнаго зрѣнiя.

Границы зрительной сферы заходятъ за затылочную область въ темянную и височную.

Чтобы познакомить читателя съ прiемами наблюдать зрительныя измѣненiя, приведу изъ протоколовъ Лючiани два случая —одинъ на собакѣ, другой на обезьянѣ. При этомъ нужно только помнить, что параличные эффекты вслѣдъ за операцiей, суть явленiя преходящiя.

Въ глубокомъ наркозѣ собакѣ вырѣзаны съ обѣихъ сторонъ центральныя части затылочныхъ долей (не вся зрительная сфера!). На слѣдующiй день собака медленно ходитъ по комнатѣ, не натыкаясь на окружающiе предметы. Къ угрожающимъ движенiямъ передъ глазами рукой и палкой остается равнодушной. При бросанiи корма на полъ слышитъ звукъ и идетъ на него, но кормъ узнаетъ

обоняніемъ. Въ теченіе слѣдующихъ 5 дней всѣ признаки неосмысленнаго видѣнія, при смотрѣніи обоими глазами, исчезаютъ—животное узнаетъ кормъ зрѣніемъ. Но стоитъ закрыть одинъ изъ глазъ, и отъискиваніе пищи становится затруднительнымъ.

Затѣмъ той же собакѣ вырѣзана съ обѣихъ сторонъ вся затылочная сфера. Въ теченіе 2 недѣль послѣ операціи признаки полной слѣпости и притупленія слуха. Прочія чувства цѣлы. Собака на ходу въ саду натыкается на всевозможныя препятствія и не умѣетъ различать въ кормѣ, состоящемъ изъ кусковъ мяса и пробки равной величины, съѣдобное отъ несъѣдобнаго. Черезъ 2 недѣли животное не натыкается въ саду на изгородь, стѣну и и т. п., но на смѣшанный кормъ реагируетъ по прежнему. Еще черезъ 20 дней слѣпота къ корму уже неполная; но животное не умѣетъ избѣгать внезапныхъ препятствій на ходу.

Обезьянѣ вырѣзана въ два пріема вся затылочная зрительная сфера слѣва.

Черезъ день послѣ второй операціи она ѣстъ съ большимъ аппетитомъ сушеныя фиги и беретъ ихъ преимущественно лѣвою рукою. Проба на глаза въ отдѣльности даетъ тупость зрѣнія въ правомъ глазу. Куски яблока передъ лѣвымъ глазомъ она тотчасъ же видитъ и беретъ ихъ рукою; а правымъ глазомъ хотя и видитъ, но беретъ неловко, хватая чаще не яблоко, а руку дающаго. Это состояніе разсѣивается въ продолженіе слѣдующихъ 4 дней, и животному вырѣзывается вся затылочная сфера справа. Послѣ операціи животное ѣстъ даваемые куски финика, но, повидимому, не видитъ ихъ, потому что беретъ не прямо, а щупаетъ руку дающаго. Черезъ день зрѣніе явно суще-

ствуетъ, потому что обезьяна протягиваетъ руки къ подносимымъ кускамъ; но вѣроятно плохо фиксируетъ, потому что вытягиваетъ руки дальше, чѣмъ слѣдуетъ. Подвѣшенные на ниткѣ передъ глазами куски фигъ она сначала не замѣчаетъ; но, добравшись до руки дающаго, находитъ нитку, а потомъ и кормъ. При закрытомъ лѣвомъ глазѣ приближеніе предметовъ къ правому глазу даетъ справа *слѣпоту* наружной половины сѣтчатки; подношеніе слѣва — притупленіе зрѣнія въ лѣвой половинѣ. Такія же пробы съ лѣвымъ глазомъ даютъ: почти полную слѣпоту внутренней половины и притупленіе зрѣнія въ наружной половинѣ. Въ теченіе послѣдующихъ трехъ дней признаки слѣпоты значительно убываютъ. Еще черезъ сутки проба со смѣшаннымъ кормомъ (куски фиги и пробки) показываетъ неосмысленное видѣніе: обезьяна беретъ безъ разбора то и другое и выбрасываетъ пробку, лишь положивъ ее въ ротъ. Уничтоживъ въ кормѣ все съѣдобное, она тѣмъ не менѣе продолжаетъ хватать пробку и подносить ее ко рту. Болѣе чѣмъ черезъ мѣсяцъ зрѣніе стало нѣсколько осмысленнѣе. Въ такомъ состояніи зрительная способность оставалась 5 мѣсяцевъ безъ измѣненій.

Наиболѣе рѣзкія разстройства слуха у обезьяны и собаки получаются при разрушеніяхъ коры въ височной области и заключаются въ началѣ въ притупленіи слуха до полной глухоты, которая мало по малу разсѣивается и переходитъ въ *неосмысленное слышаніе*. У собаки границы слуховой области выходятъ за предѣлы височныхъ долей — кверху въ темянныя, кзади въ затылочныя.

Собакѣ вырѣзанъ корковый слой височной доли слѣва. На другой день звучаніе камертона около лѣваго уха вызываетъ движеніе въ ушной раковинѣ, а справа нѣтъ. Въ послѣдующіе три дня реакція на камертонъ таже. Лѣвымъ ухомъ слышитъ при завязанныхъ глазахъ шумъ паденія

корма на полъ. Черезъ 13 дней все это мало по малу исчезаетъ. Тогда вырѣзывается височная доля справа.

Въ послѣдующіе два дня глухота къ звучанію камертона на оба уха. Если же дрожащей ножкой дотронуться до волосъ уха, то происходитъ, какъ отъ щекотанья, встряхиванье тѣмъ и другимъ ухомъ. Сильные внезапные звуки не будятъ животнаго, когда оно спитъ. На третій день собака съ завязанными глазами уже различаетъ шумъ падающаго корма на полъ—справа лучше, чѣмъ слѣва. Черезъ 14 дней послѣ второй операціи слухъ, повидимому, возстановился съ обѣихъ сторонъ. Черезъ нѣсколько мѣсяцевъ этой же собакѣ были удалены въ два пріема съ обѣихъ сторонъ части затылочныхъ и темянныхъ долей, входящія въ составъ слуховой сферы, и когда собака совсѣмъ оправилась, наблюденія надъ ней продолжались три мѣсяца.

Животное, повидимому, не обращаетъ вниманія на окружающее и не понимаетъ, что вокругъ него происходитъ. Остается одинаково равнодушнымъ и къ ласковому зову, и къ угрожающему крику, даже къ пистолетному выстрѣлу надъ ухомъ. Съ виду она слѣпа на оба глаза, потому что не реагируетъ даже на внезапное освѣщеніе глазъ свѣтомъ; а между тѣмъ въ саду рѣдко натыкается на предметы, и сама умѣетъ находить дорогу изъ сада домой въ свой привычный уголъ. Обоняніе сохранилось настолько, что собака чуетъ, когда въ комнату вносятъ чашку съ мяснымъ отваромъ и начинаетъ нюхать. Словомъ, у животнаго осталось только неосмысленное видѣніе и слышаніе.

Обонятельная сфера, по **Лючіани**, лежитъ кпереди отъ слуховой. Сфера сознательнаго кожно-мышечнаго чувства болѣе или менѣе совпадаетъ съ участками произвольныхъ движеній.

Если приведенные опыты **Лючіани** сопоставить съ тѣмъ, что было говорено ранѣе объ управленіи локомоціи зрѣ-

ніемъ и кожно-мышечнымъ чувствомъ у животныхъ безъ полушарій, то выходило бы, что у позвоночныхъ для зрѣнія и кожно-мышечнаго чувства есть двѣ инстанціи — низшая въ среднихъ частяхъ мозга, а высшая въ полушаріяхъ; тогда какъ для слуха только одна инстанція въ гемисферахъ.

Патологическія наблюденія на человѣкѣ показали, что и у него зрительная сфера лежитъ въ затылочныхъ доляхъ, выражаясь, при одностороннихъ пораженіяхъ, разстройствомъ зрѣнія въ обѣихъ половинахъ сѣтчатокъ соотвѣтственной стороны.

Изъ особенностей человѣческаго мозга извѣстенъ пока лишь такъ называемый „центръ рѣчи“ —мѣсто, при болѣзненномъ страданіи котораго наблюдаются разнообразныя разстройства рѣчи. Оно лежитъ у большинства людей въ лѣвомъ полушаріи (въ 3-ей лобной извилинѣ), и болѣзненныя измѣненія этого участка выражаются крайне странными съ виду явленіями.

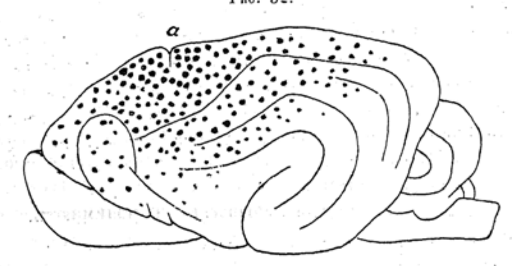
Такіе больные иногда слышатъ и понимаютъ, что имъ говорятъ или пишутъ, но сами ни говорить, ни читать не могутъ, хотя настоящихъ параличей въ мышцахъ, управляющихъ рѣчью, нѣтъ. Послѣднее ясно видно на больныхъ, которые на все, что имъ говорятъ или пишутъ, отвѣчаютъ однимъ только словомъ. Такія явленія считаются результатомъ разстройства координаціи тѣхъ движеній, изъ которыхъ слагается рѣчь. Въ другихъ случаяхъ человѣкъ, не будучи ни глухимъ, ни слѣпымъ, не понимаетъ, что ему говорятъ или пишутъ. Это частные случаи неосмысленнаго видѣнія и слышанія. Наконецъ бываютъ больные, которые не умѣютъ ни говорить, ни читать только потому, что изъ ихъ памяти исчезли всѣ слова и письменныя знаки. Вслѣдъ за другимъ человѣкомъ они могутъ произнести любое слово, но черезъ минуту оно уже забыто. Особенно поразительны частные недочеты въ памяти: одни помнятъ только начала многихъ словъ; другіе

забыли прилагательныя, третьи сохранили природную рѣчь, но забыли иностранные языки, какъ будто имъ никогда не учились.

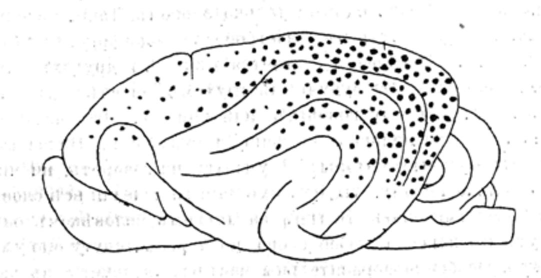
Въ заключеніе привожу, по Лючіани, распредѣленіе двигательныхъ и чувственныхъ участковъ по поверхности полушарій собачьяго мозга.

Точками обозначены мѣста распространенія двигательныхъ и чувственныхъ разстройствъ; а величиною и густотою расположенія точекъ — степени разстройствъ.

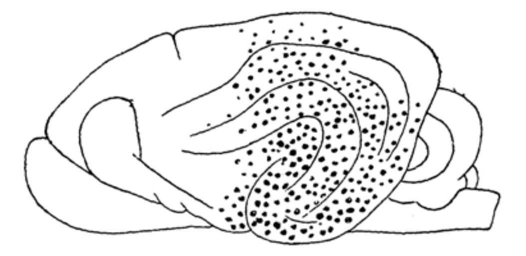
Рис. 52.



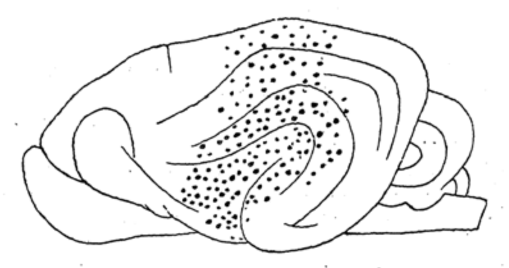
Область двигательныхъ параличей на поверхности собачьяго мозга; *a*— крестовидная борозда.



Область зрительнаго центра на поверхности собачьяго мозга.



Область слуховаго центра у собаки.



Область обонятельнаго центра у собаки.

Органы чувствъ.

Въ составъ всѣхъ вообще чувствующихъ снарядовъ животнаго тѣла входятъ слѣдующія три части: чувствующая или сигнальная поверхность, служащая для воспріятія чувственныхъ импульсовъ, проводникъ отъ нея къ центру и центръ. Высшіе органы чувствъ—органы зрѣнія, осязанія, слуха, обонянія и вкуса—не составляютъ исключенія изъ этого правила; но вмѣстѣ съ тѣмъ, они представляютъ цѣлый рядъ особенностей, вытекающихъ изъ ихъ спеціальнаго значенія въ жизни животнаго. Это суть орудія чувственнаго общенія животныхъ съ предметами внѣшняго міра; поэтому ихъ чувствующія поверхности, воспринимающія внѣшнія импульсы, лежатъ болѣе или менѣе открыто на внѣшней поверхности тѣла: обонятельная въ верхнемъ и среднемъ отдѣлахъ носовой полости, вкусовая преимущественно на верхней поверхности языка; осязательная въ кожѣ, зрительная на днѣ глазнаго яблока и слуховая въ полостяхъ ушнаго лабиринта. Вторая особенность заключается въ томъ, что каждая изъ этихъ чувствующихъ поверхностей (за исключеніемъ кожной) сравнительно очень мала, и всѣ они помѣщены въ головѣ, какъ переднемъ и подвижномъ концѣ тѣла. То и

другое прямо вытекаетъ изъ службъ органовъ чувствъ; черезъ ихъ посредство животное получаетъ чувственные знаки отъ предметовъ внѣшняго міра и руководится этими знаками во всѣхъ своихъ дѣйствіяхъ и движеніяхъ [1]).

У передвигающагося же въ пространствѣ животнаго голова идетъ всегда впередъ и, такъ сказать, первая сталкивается со встрѣчными импульсами, падающими на тѣло изъ разныхъ точекъ пространства. Въ этомъ смѣслѣ особенно выгодно положеніе на переднемъ концѣ тѣла тѣхъ изъ органовъ чувствъ, при посредствѣ которыхъ животное получаетъ чувственные сигналы издалека, именно зрительнаго, слуховаго и обонятельнаго снарядовъ. Не менѣе понятно выгода положенія этихъ органовъ въ подвижной части тѣла: благодаря подвижности головы вправо, влѣво, вверхъ и внизъ, животное получаетъ возможность ставить органы прямо на встрѣчу импульсамъ, идущимъ изъ разныхъ точекъ пространства.

Что касается до подробностей устройства чувствующихъ поверхностей, то общаго въ этомъ отношеніи можно сказать лишь слѣдующее. Если чувствующій нервъ, подойдя къ чувствующей поверхности, разсыпался примѣрно на 15.000 вѣтвей, то чувствующую поверхность составляютъ 15.000 нервныхъ концовъ. При этомъ каждая вѣтвь, т. е. нервное волокно или волоконце, войдя въ составъ периферическаго снаряда, иногда прерывается на своемъ пути къ его свободной поверхности нервной клѣткой, но всегда кончается ею или метаморфозированной клѣткой съ особымъ наконечникомъ, представляющимъ настоящій конецъ нервнаго волокна или волоконца.. Черезъ это чувствующая поверхность получаетъ характеръ мозаики, построенной изъ ми

[1]) Положеніе вкусовой поверхности въ головѣ опредѣляется впрочемъ не ѣмъ, что голова есть передній конецъ тѣла, а тѣмъ, что въ головѣ лежитъ начало пищепріемной полости, при входѣ въ которую лежитъ органъ вкуса.

кроскопическихъ элементовъ; и каждый такой элементъ представляетъ тогда не только форменную, но и функціональную единицу чувствующей поверхности. Отношенія эти изображены на приложенной схемѣ, гдѣ n обозначаетъ вѣтви нерва N; а—концевыя нервныя клѣтки, и b наконечники ихъ.

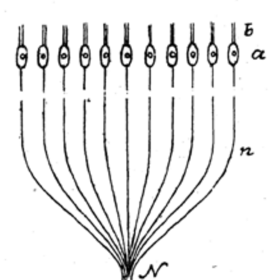
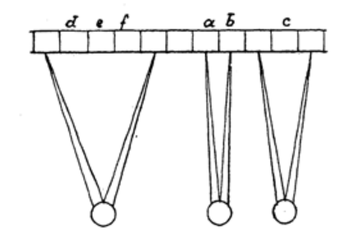


Рис. 53.

Функціональную мозаичность всего легче наблюдать на кожѣ. Съ этой цѣлью изслѣдователь прикладываетъ къ различнымъ мѣстамъ своей кожи ножки раздвинутаго циркуля и старается найти для всякаго даннаго мѣста наименьшую раздвинутость ножекъ, при которой еще чувствуется двойственность прикосновенія. При этомъ оказывается, что для всякаго мѣста кожи существуетъ извѣстная степень раздвинутости, начиная отъ которой двойственность прикосновенія чувствуется тѣмъ рѣзче, чѣмъ болѣе разстояніе между ножками циркуля; книзу же отъ этого предѣла двойственное прикосновеніе чувствуется какъ одиночное. Объясняютъ это слѣдующимъ образомъ: когда ножки циркуля падаютъ на два сосѣднихъ элемента мозаики (a и b), то получается единичное впечатлѣніе; если же между осязательно возбужденными элементами лежитъ хотя одинъ невозбужденный участокъ (c), то впечатлѣнія отъ ножекъ слиться не могутъ, и двойствен-

ность чувствуется тѣмъ рѣзче, чѣмъ больше число возбужденныхъ элементовъ лежитъ между ножками циркуля (d, e, f.).

Значеніе наконечниковъ нерва двоякое. Тамъ, гдѣ на по-



Рис· 54.

верхность дѣйствуетъ нормально раздражитель, способный возбуждать нервъ, наконечникъ представляетъ лишь часть снаряда, болѣе чувствительную, чѣмъ проводникъ; тамъ же, гдѣ поверхность возбуждается вліяніями, неспособными дѣйствовать прямо на нервъ, наконечникъ имѣетъ значеніе трансформатора, т. е. снаряда, переводящаго воспринимаемое движеніе изъ одной формы въ другую, изъ формы, неспособной возбуждать нервъ, въ такую, которая на нервъ дѣйствуетъ. Съ этой точки зрѣнія концы слуховаго и осязательныхъ нервовъ не нуждаются въ трансформаторахъ, потому что дѣйствующія на нихъ нормально механическія потрясенія способны возбуждать нервъ прямо — здѣсь эффекты возбужденія вполнѣ объяснимы одною лишь усиленною возбудимостью концовъ нервовъ. Дѣло другого рода въ глазу: зрительный нервъ не возбудимъ прямо свѣтомъ, какъ это показываетъ такъ называемое бѣлое пятно въ сѣтчаткѣ (см. ниже); а между тѣмъ, свѣтъ есть нормальный возбудитель органа зрѣнія, притомъ глазъ въ высшей степени чувствителенъ къ свѣту. Значитъ, свѣтовое движеніе должно превратиться въ другую форму, что-

бы стать раздражителемъ для нерва, и это дѣлаютъ наконечники послѣдняго въ сѣтчаткѣ. Тоже самое слѣдуетъ сказать о концахъ вкусоваго и обонятельнаго нервовъ.

Итакъ, говоря вообще, придатки на концахъ чувствующихъ нервовъ служатъ или для усиленія дѣйствія слабыхъ вообще нормальныхъ возбудителей, или для перевода возбуждающихъ движеній изъ одной формы въ другую.

Нагляднымъ примѣромъ большей чувствительности нервныхъ концовъ сравнительно съ возбудимостью нервныхъ стволовъ служитъ отношеніе кожи и нервовъ у лягушки къ воднымъ растворамъ кислотъ. На обезглавленномъ животномъ прямое раздраженіе кожныхъ нервовъ смѣсью 1 части крѣпкой сѣрной кислоты съ 3 ч. воды не даетъ отраженныхъ движеній, а черезъ кожу рефлексы вызываются смѣсью изъ 1 части кислоты на 1.000 ч. воды. Концы вкусоваго нерва у человѣка еще чувствительнѣе: ясное ощущеніе кислаго вкуса получается отъ смѣси 1 ч. кислоты съ 10.000 ч. воды.

Вторая составная часть чувствующихъ снарядовъ — нервы между чувствующей поверхностью и центромъ — не представляетъ ни по устройству, ни по отправленіямъ ничего специфическаго: — это проводники возбужденій въ обычномъ смыслѣ слова, не отличающіеся отъ другихъ нервовъ тѣла.

Значеніе третьей составной части чувствующихъ снарядовъ—чувствующихъ центровъ—можно опредѣлить такъ: съ дѣятельностью ихъ неразрывно связано развитіе ощущеній свѣта, звука, запаха и пр. Доказывается это фактами параличей чувствованія при перерѣзкахъ соотвѣтственныхъ нервовъ или при разрушеніи соотвѣтственныхъ центровъ. Къ сожалѣнію, свѣдѣнія наши объ устройствѣ и свойствахъ чувствующихъ центровъ такъ ничтожны, что между ихъ дѣятельностью и актами чувствованія лежитъ по сіе время непроходимая бездна. То немногое, что извѣстно въ этомъ

отношеніи, было уже упомянуто нами при описаніи функцій мозговыхъ полушарій.

Описавъ такимъ образомъ главныя черты устройства чувствующихъ снарядовъ, перехожу теперь къ вопросу объ ихъ возбужденіи нормальными дѣятелями.

Здѣсь на первомъ мѣстѣ стоитъ фактъ феноменальной чувствительности нашихъ снарядовъ.

По опытамъ **Валентина**, примѣсь $\frac{1}{2.000.000}$ миллигрм. розоваго масла на 1 куб. см. воздуха (а главную массу розоваго масла составляетъ, какъ извѣстно, не пахучее вещество!) даетъ уже явственно надушенный воздухъ. Открытый баллонъ въ 55 литровъ вмѣстимости оставался пахучимъ въ теченіе 3 мѣсяцевъ отъ 5 миллиграммовъ гвоздичнаго масла. Не даромъ физики издавна приводятъ относящіеся сюда факты, какъ свидѣтельства чрезмѣрной дѣлимости матеріи.

Возбудимость вкусовыхъ нервовъ съ поверхности языка не такъ поразительна, какъ предъидущая, но и она, будучи переведена на мѣру, достигаетъ иногда изумительныхъ размѣровъ. Такъ, одна капля подкисленной воды (1 ч. кислоты на 10.000 воды) даетъ на языкѣ явственно-кислое ощущеніе, а между тѣмъ количество кислоты въ этой каплѣ не превышаетъ $\frac{5}{1.000}$ миллиграмма; да и не все это количество возбуждаетъ нервъ—на него дѣйствуетъ лишь та часть капли, которая успѣла всосаться въ теченіе первой секунды.

Чувствительность двигательныхъ нервовъ къ механическимъ ударамъ, какъ мы видѣли выше, очень значительна; но она ничтожна въ сравненіи съ тѣмъ намѣренно-легкимъ прикосновеніемъ къ кожѣ (наприм. волоскомъ), котораго бываетъ достаточно, чтобы вызвать осязательное чувство. Ночью, въ тишинѣ, довольно самаго легкаго при-

косновенія къ нѣкоторымъ частямъ ушной раковины, чтобы получить ощущеніе шума. Значитъ, слуховой нервъ едва ли менѣе возбудимъ, чѣмъ осязательный.

Что касается наконецъ до чувствительности глаза къ свѣту, то здѣсь, какъ въ вопросѣ о чувствительности фотографическихъ пластинокъ, дѣло рѣшается не однимъ только фотометрически опредѣляемымъ количествомъ свѣта, проникающаго въ глазъ, но еще и продолжительностью его дѣйствія. Въ этомъ смыслѣ опыты освѣщенія въ темнотѣ маленькой электрической искрой небольшихъ предметовъ, напр. буквъ азбуки, и узнаваніе ихъ даютъ ясное понятіе о громадной чувствительности глаза, такъ какъ продолжительность освѣщенія длится здѣсь милліонныя доли секунды, и изъ свѣта искры въ глазъ попадаетъ лишь самая незначительная часть.

Понятно, что при такой феноменальной чувствительности нашихъ снарядовъ производимые ими эффекты должны представлять значительныя колебанія съ измѣненіемъ условія возбужденія; и мы видимъ въ самомъ дѣлѣ, что всякое вообще ощущеніе данной минуты по силѣ опредѣляется слѣдующими 4 моментами: состояніемъ органа, предшествующимъ возбужденію, силой раздраженія, продолжительностью и экстенсивностью его дѣйствія. Примѣрами вліяній перваго рода могутъ служить слѣдующіе общеизвѣстные факты: для руки, погруженной предварительно въ теплую воду, прохладная вода кажется очень холодной, и наоборотъ; свѣтъ слабо освѣщенной комнаты слѣпитъ глаза при быстромъ переходѣ въ нее изъ совершенно темной комнаты, и наоборотъ. Это суть явленія количественнаго измѣненія ощущеній по контрасту; и въ основѣ ихъ лежитъ слѣдующее свойство чувствующихъ снарядовъ: чѣмъ сильнѣе возбужденъ органъ, тѣмъ менѣе чувствителенъ онъ становится къ эффектамъ возбужденія въ томъ самомъ направленіи и болѣе чувствителенъ къ возбужденіямъ въ противополож-

номъ. Поэтому при длящемся раздраженіи постоянной силы чувствованіе, возросши въ первый же моментъ дѣйствія до извѣстной высоты, начинаетъ убывать, и тѣмъ быстрѣе, чѣмъ сильнѣе возбужденіе. По этой же причинѣ прерывистое раздраженіе дѣйствуетъ вообще сильнѣе постояннаго. Что касается наконецъ до вліянія экстенсивности раздраженія, то его можно опредѣлить такъ: чѣмъ больше при прочихъ равныхъ условіяхъ поверхность, на которую падаетъ раздраженіе, тѣмъ сильнѣе ощущеніе.

Но органы чувства служатъ тѣлу не тѣмъ только, что даютъ ощущенія разной силы, а преимущественно качественными разницами производимыхъ ими ощущеній. Дѣло въ томъ, что при посредствѣ органовъ чувствъ человѣкъ и животныя получаютъ чувственные знаки отъ предметовъ внѣшняго міра, и знаки эти, соотвѣтственно различію предметовъ, бываютъ болѣе или менѣе различны. Такъ обонятельный органъ даетъ сознанію обширную категорію разнообразныхъ запаховъ; слухъ — безконечное множество простыхъ, сложныхъ и артикулированныхъ звуковъ, глазъ — не меньшее разнообразіе свѣтовыхъ впечатлѣній и проч. Знаки эти имѣютъ для животнаго двоякое значеніе: при ихъ посредствѣ оно знакомится съ предметами внѣшняго міра и ими же руководится во всѣхъ своихъ дѣйствіяхъ. Обоняніе помогаетъ ему отличать издали добычу отъ врага, слухъ даетъ тоже самое; зрѣніемъ и осязаніемъ оно руководится во всѣхъ своихъ движеніяхъ. Словомъ, высшіе органы чувствъ, благодаря разнообразію ихъ показаній, соотвѣтствующему разнообразію предметовъ и явленій внѣшняго міра, служатъ для животнаго орудіями общенія съ внѣшнимъ міромъ и вмѣстѣ съ тѣмъ орудіями оріентированія его во времени и пространствѣ, т. е. приспособленія дѣйствій къ условіямъ времени и пространства.

Если однако присмотрѣться къ показаніямъ различныхъ органовъ чувствъ, то нетрудно замѣтить между ними

большія разницы со стороны богатства содержанія. Обоняніе и вкусъ даютъ отъ каждаго отдѣльнаго предмета (и только пахучаго!) только *одиночное нерасчленимое* впечатлѣніе, а зрѣніе, слухъ и осязаніе — явственно сложныя, расчленимыя и потому болѣе или менѣе богатыя содержаніемъ впечатлѣнія. Такъ, для обонянія въ лимонѣ одинъ только признакъ — его запахъ, для вкуса—кислый вкусъ; а для глаза—круглый контуръ, тѣлесная шарообразная форма, цвѣтъ, неровность поверхности, величина, удаленіе отъ глаза и положеніе лимона относительно тѣла смотрящаго человѣка (направленіе видѣнія). Нерасчлененность обонятельныхъ и вкусовыхъ впечатлѣній выражается (помимо непосредственнаго чувствованія) между прочимъ въ томъ, что для нихъ ни на какомъ языкѣ вовсе не существуетъ индивидуальныхъ и очень мало видовыхъ названій. Мы различаемъ запахъ сыра, мяты, уксуса и пр., т. е. пріурочиваемъ названіе не къ запаху, а къ издающему его предмету; тогда какъ въ области зрѣнія цвѣта имѣютъ собственныя имена — красный, желтый, зеленый, и т. д. Видовыхъ названій для запаховъ въ сущности только два: пріятный и непріятный; для вкуса три: горькій, сладкій и кислый [1]), а для глаза 8 (цвѣтъ, плоскостная форма, величина, удаленіе, направленіе, тѣлесность, покой и движеніе); для осязанія, въ связи съ мышечнымъ чувствомъ рукъ и всего тѣла, 11 (тепло, холодъ, плоскостная форма, величина, удаленіе, направленіе, тѣлесность, сдавливаемость, вѣсъ, покой и движеніе); въ области же слуха, шумы и звуки представляютъ роды, а видамъ соотвѣтствуютъ: протяжность во времени (короткій, протяжный непрерывный и перерывистый звукъ или шумъ), простота

---

[1]) Ѣдкость вкуса, острота запаха суть производныя не обонятельнаго и вкусоваго органовъ, а продукты возбужденія снарядовъ, дающихъ при сильномъ раздраженіи чувство боли.

звука и его сложность, высота звука и наконецъ артикуляція шумовъ и звуковъ въ рѣчь. Соотвѣтственно этому, обоняніемъ и вкусомъ мы различаемъ въ каждомъ отдѣльномъ предметѣ по одному только нерасчленимому признаку, а глазомъ—8 *категорій признаковъ*, осязаніемъ и мышечнымъ чувствомъ—11 *категорій* и слухомъ—4 *категоріи* и каждая изъ этихъ категорій вмѣщаетъ въ себѣ не одинъ, а цѣлый рядъ индивидуальныхъ признаковъ. Такъ, категорію цвѣта составляютъ всѣ простые цвѣта радуги,—всѣми промежуточными оттѣнками и смѣсями ихъ по два; категорію сдавливаемости: мягкое, твердое, жидкое, хрупкое и проч.

Такимъ образомъ оказывается, что для человѣка, въ дѣлѣ чувственнаго познанія предметовъ внѣшняго міра, показанія различныхъ органовъ чувствъ далеко не равнозначны: обоняніе и вкусъ даютъ, въ сравненіи съ прочими органами, такъ мало, что названія „высшихъ органовъ чувствъ“ заслуживаютъ только послѣдніе, т. е. зрѣніе, осязаніе и слухъ. Соотвѣтственно этому, мы и будемъ говорить впослѣдствіи болѣе подробно только объ этихъ трехъ.

Послѣднее общее значеніе высшихъ органовъ чувствъ можетъ быть опредѣлено такъ: съ дѣятельностью ихъ непосредственно связана у человѣка сознательная жизнь. Извѣстенъ знаменитый случай больнаго, утратившаго всѣ чувства, за исключеніемъ зрѣнія въ одномъ глазу и слуха въ ухѣ противоположной стороны. Пока эти единственные остатки путей его чувственнаго общенія съ внѣшнимъ міромъ оставались открытыми, больной находился въ бодрственномъ состояніи. Но лишь только наблюдатели ихъ намѣренно закрывали, больной впадалъ въ состояніе глубокаго сна, изъ котораго пробуждался только возбужденіями на глазъ и ухо. Соотвѣтственный случай наблюдалъ передавалъ мнѣ мой покойный другъ проф. С. П. Боткинъ.

Больная, изъ образованнаго сословія, была лишена всѣхъ чувствъ за исключеніемъ осязанія и мышечнаго чувства въ правой рукѣ. По словамъ больничнаго персонала, жизнь ея проходила въ непрерывномъ снѣ, изъ котораго ее пробуждали воздѣйствіями на руку. Эта же рука служила для больной единственнымъ орудіемъ общенія съ людьми и предметами внѣшняго міра. Съ этой цѣлью ея руку клали на подушку и писали ею по подушкѣ слова предлагаемаго вопроса или вообще того, что хотѣли ей сообщить. На это она отвѣчала произносимыми словами. Такимъ именно образомъ ей дали знать, что къ ней пришелъ проф. Боткинъ и этимъ же путемъ онъ велъ съ ней разговоры.

Въ заключеніе этихъ предварительныхъ замѣчаній привожу изображенія концовъ обонятельнаго и вкусоваго нервовъ; также осязательныя тѣльца въ сосочкахъ кожи и *Пачиніевы* тѣльца въ подкожной клѣтчаткѣ около суставовъ.

Рис. 55. Обонятельная клѣтка съ наконечникомъ.

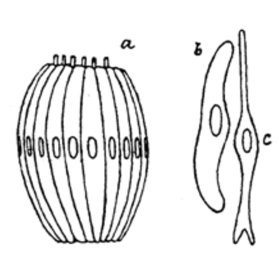


Рис. 56. a—вкусовой бокалъ (конецъ вкусового нерва); b покровныя клѣтки бокала; c внутреннія вкусовыя клѣтки.

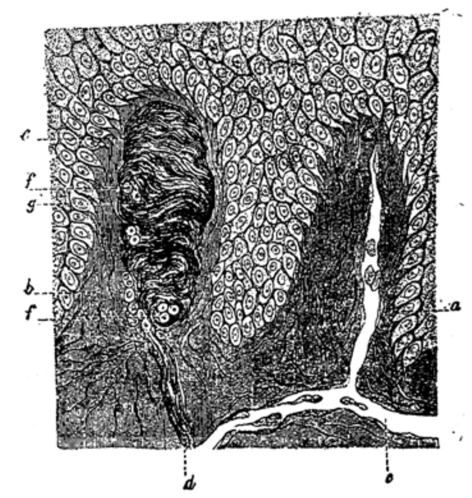


Рис. 57.

a и b осязательные сосочки; c кровеносный сосудъ; d нервное волокно, идущее къ осязательному тѣльцу; e осязательное тѣльце; f поперечно-разрѣзанныя нервныя волокна; g клѣтки мальпигіева слизистаго слоя (по Biesiadeck'y)

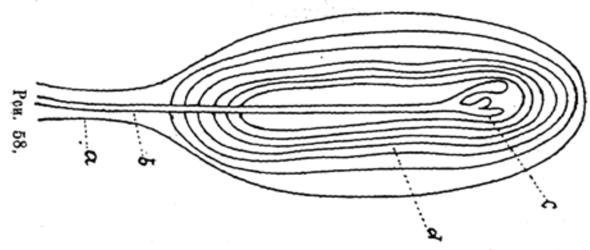


Рис. 58,

ножка Пачгінива тѣ льца; b осевой цилиндръ, c его вѣтки, d многосложный футляръ соединительной ткани.

Органъ зрѣнія.

Концевой снарядъ зрительнаго нерва есть глазное яблоко. Строеніе его изображено на приложенной схемѣ, пред-

Рис. 59.

k камера глаза.

l хрусталикъ.

m стекловидное тѣло.

ставляющей горизонтальный разрѣзъ праваго глаза по мѣсту вхожденія въ него зрительнаго нерва (N). Это есть перепончатый пузырь, состоящій изъ стѣнокъ и полужидкаго прозрачнаго содержимаго. Стѣнка его выстроена изъ 4 слоевъ: наружный состоитъ изъ непрозрачной *бѣлковой* оболочки (a), переходящей спереди въ болѣе выпуклую и прозрачную роговицу e; этотъ слой имѣетъ для глазнаго яблока значеніе крѣпкаго нерастяжимаго футляра, пропускающаго лучи свѣта внутрь глаза черезъ прозрачную роговицу. Основу слѣдующаго за нимъ *сосудистаго слоя* (b) составляетъ сѣть упругихъ волоконъ, пронизанныхъ сплетеніями кровеносныхъ сосудовъ. Благодаря легкой сдавливаемости послѣднихъ, этотъ слой, измѣненіями своего объема, регулируетъ внутреглазное давленіе. Родится онъ въ мѣстѣ перехода роговицы въ бѣлковую оболочку (на уровнѣ точки n) и только здѣсь сростается съ наружнымъ футляромъ. Отсюда же (т. е. на уровнѣ n) родятся мышечныя волокна *рѣсничной мышцы* (g), натягивающія сосудистую оболочку сзади напередъ и разслабляющія *Цинкову пленку* (h). Сзади сосудистую оболочку пробуравливаетъ входящій внутрь глазнаго яблока зрительный нервъ, а спереди, утолщаясь, она переходитъ въ такъ назыв. *рѣсничное тѣло* (f). Изъ тѣхъ самыхъ мѣстъ, на уровнѣ n, откуда родится сосудистая оболочка съ рѣсничной мышцей, родится *раекъ* или *радужная оболочка* (i), съ круглымъ отверстіемъ, *зрачкомъ*, по серединѣ. У черноглазыхъ она окрашена въ коричневый, у голубоглазыхъ въ сѣрый цвѣтъ. Чернота же зрачка зависитъ отъ окрашенности въ черный цвѣтъ третьяго, *пигментнаго слоя* (c), выстилающаго сосудистую оболочку изнутри на всемъ ея протяженіи (не исключая и райка). Пигментный слой имѣетъ для глаза тоже значеніе, что окраска въ черный цвѣтъ внутренней поверхности оптическихъ инструментовъ: тамъ и здѣсь слой этотъ мѣшаетъ образованію разсѣяннаго свѣта вслѣдствіе отраженія отъ стѣ-

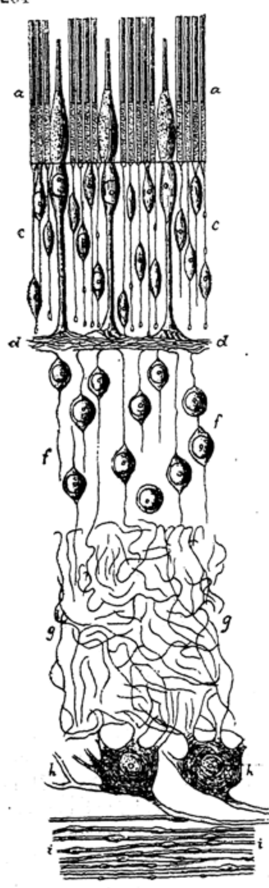


Рис. 60.

нокъ инструмента. Что же касается до райка съ отверстіемъ (зрачкомъ) посрединѣ, то при его посредствѣ регулируется количество входящаго въ глазъ свѣта: при сильномъ освѣщеніи зрачекъ суживается, а при слабомъ расширяется. То и другое производится дѣятельностью двухъ системъ мышцъ въ толщѣ райка—волокна одной системы (расширителя) идутъ по его радіусамъ, а другія окружаютъ зрачекъ концентрическими кольцами. Четверый слой, лежащій на пигментномъ (d), есть сѣтчатка — периферическій конецъ зрительнаго нерва. Волокна послѣдняго, пробуравивъ пигментный слой, распластываются въ тонкую, мягкую и на видъ совершенно прозрачную пластинку, которая выстилаетъ сплошь всю заднюю половину глазной полости, но, зайдя нѣсколько за экваторъ глаза, теряетъ нервную природу и образуетъ вмѣстѣ съ оболочкой стекловиднаго тѣла *Циннову пленку*, прикрѣпляющуюся къ сумкѣ хрусталика. Хотя сѣтчатка имѣетъ видъ тонкой пленки, но подъ микроско-

номъ она оказывается состоящей въ толщину изъ 7 слоевъ. Первый, самый внутренній, обращенный къ свѣту, есть *слой волоконъ* (i); переходя въ слой клѣтокъ (h), онъ продолжается въ видѣ сѣти волоконецъ (g), изъ которой возникаетъ система продольныхъ волоконъ, прерванныхъ на пути клѣтками; это внутренній зернистый слой f, за которымъ слѣдуетъ узкій межзернистый d. Изъ послѣдняго родятся элементы наружнаго зернистаго слоя, переходящіе въ палочки и колбочки послѣдняго 7 слоя a. Такимъ образомъ оказывается, что концы волоконъ зрительнаго нерва, палочки и колбочки обращены не къ свѣту, а отъ него къ пигментному слою, въ который онѣ внѣдряются своими наконечниками. Значитъ, каждое нервное волокно, войдя въ глазное яблоко сзади напередъ, на встрѣчу свѣту, дѣлаетъ въ толщѣ сѣтчатки поворотъ назадъ и, пройдя черезъ ея толщу, кончается или колбочкой, или палочкой. Такой ходъ волоконъ и выраженъ на предшествующей схемѣ.

Въ колбочкахъ и палочкахъ различаютъ тѣло и наконечникъ. Тѣло образовано изъ зернистой, а наконечникъ изъ прозрачной стекловидной массы. Тѣло колбочекъ утолщено, и наконечникъ у нихъ коническій; а палочка въ обѣихъ частяхъ цилиндрическая. Въ распредѣленіи ихъ по поверхности сѣтчатки наблюдаются слѣдующія особенности. Въ мѣстѣ вхожденія въ глазъ зрительнаго нерва, въ толщѣ сѣтчатки, нѣтъ никакихъ слоевъ, кромѣ слоя нервныхъ волоконъ. Въ маленькомъ участкѣ ея прямо насупротивъ зрачка, называемомъ желтымъ пятномъ, почти всю толщу сѣтчатки занимаютъ плотно сидящія другъ подлѣ друга колбочки. Во всѣхъ же остальныхъ мѣстахъ ея поверхности колбочки перемѣшаны съ палочками. Важно замѣтить кромѣ того, что тѣла колбочекъ въ желтомъ пятнѣ постепенно утоняются въ направленіи отъ периферіи его къ центру, такъ что въ центральномъ углубленіи желтаго пятна колбочки сидятъ наиболѣе густо. Все это изо-

бражено на приложенныхъ рисункахъ сѣтчатки въ профиль и въ планѣ. Отсюда читатель уже прямо видитъ, что на поверхности сѣтчатки концы нерва представляютъ мозаику элементовъ. Насколько мелка эта мозаика можно судить изъ слѣдующаго: въ зрительномъ нервѣ насчитываютъ до 400.000 волоконъ и на каждое волокно считаютъ 7—8 кол-

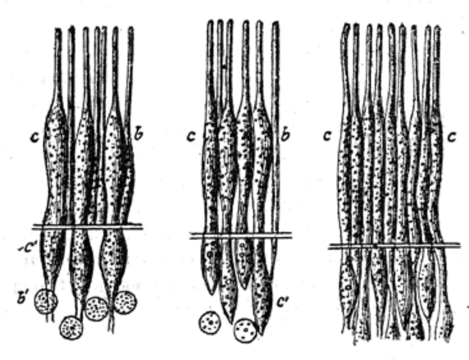


Рис. 61.

c колбочки, b палочки, утоненіе тѣлъ колбочекъ въ желтомъ пятнѣ (въ профиль).

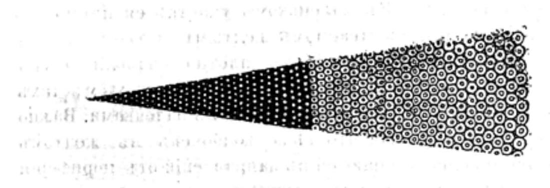


Рис. 62.

Утоненіе тѣлъ колбочекъ и распредѣленіе ихъ въ желтомъ пятнѣ (въ планѣ).

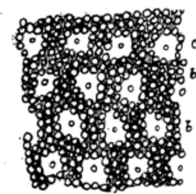


Рис. 63. Распредѣленіе колбочекъ и палочекъ внѣ желтаго пятна (въ планѣ).

бочекъ и до 100 палочекъ. Толщина же верхушки наконечника колбочки не превышаетъ $^1/_{1000}$ мм. При такихъ размѣрахъ послѣднихъ могло бы помѣститься десятки тысячъ въ 1 квадратномъ миллиметрѣ поверхности.

Содержимое глазнаго яблока (см. рис. 59 на стр. 202) составляютъ: 1) водянистая жидкость въ *камеръ глаза* (k), ограниченной спереди роговицей, а сзади райкомъ и хрусталикомъ; 2) *хрусталикъ* (l)—чечевицеобразное тѣло изъ прозрачной, довольно плотной, студенистой массы, заключенное въ сумку и обладающее вмѣстѣ съ послѣдней упругостью; и 3) *стекловидное тѣло* (m)—студенистая, болѣе жидкая, чѣмъ хрусталикъ, масса, выполняющая все пространство глазнаго яблока позади хрусталика. Всѣ эти прозрачныя части, отъ роговицы назадъ къ сѣтчаткѣ, составляютъ систему преломляющихъ средъ, при посредствѣ которыхъ строится на сѣтчаткѣ изображеніе стоящихъ передъ глазомъ предметовъ.

Таково устройство и значеніе въ общихъ чертахъ всѣхъ составныхъ частей глазнаго яблока. Теперь мы приступимъ къ подробному изученію ихъ отправленій.

Всякому, конечно, извѣстно изъ обыденной жизни, что люди, страдающіе бѣльмами на глазахъ, т. е. помутнѣніями роговицы, теряютъ возможность видѣть предметы, но сохраняютъ способность отличать свѣтъ отъ тьмы. Ихъ свѣтовыя ощущенія имѣютъ тотъ характеръ, какъ если бы человѣкъ съ здоровыми глазами смотрѣлъ черезъ матовое стекло. Тоже самое бываетъ съ людьми страдающими катаррактой, т. е. помутнѣніемъ хрусталика: ощущеніе свѣта остается, но видѣніе образовъ невозможно. За-

виситъ это оттого, что лучи свѣта, идущіе отъ внѣшняго предмета, проходя черезъ помутившіяся среды глаза, не могутъ давать его изображенія на сѣтчаткѣ; а *видѣніе всякихъ вообще предметовъ стоитъ въ прямой связи съ ясностью ихъ образовъ на днѣ глаза.*

Такимъ образомъ, глазное яблоко является въ зрительныхъ актахъ прежде всего чисто-оптическимъ снарядомъ, котораго функція заключается въ томъ, чтобы давать отъ видимыхъ предметовъ ясныя изображенія на сѣтчаткѣ.

Въ этомъ отношеніи глазъ всего удобнѣе сравнить съ вычерненнымъ изнутри ящикомъ, въ переднюю стѣнку ко-

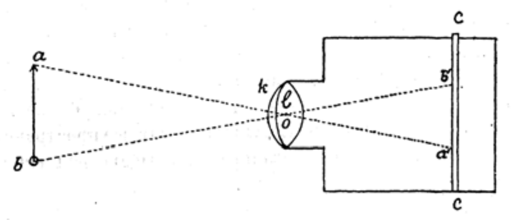
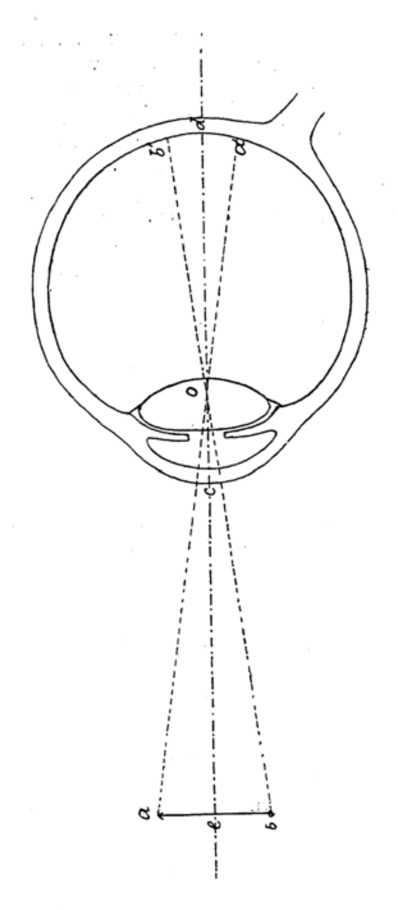


Рис. 64.

тораго вставлена сложная чечевица kl, а близь задней сдѣланъ прорѣзъ, въ который вставляется матовая пластинка c, служащая экраномъ для воспринятія изображеній отъ внѣшнихъ предметовъ. K будетъ изображать глазную камеру съ ея водянистой влагой; l—хрусталикъ, k и l вмѣстѣ сложную чечевицу; пространство же за послѣднею до c, т. е, m, будетъ зоотвѣтствовать стекловидному тѣлу, а пластинка c сѣтчаткѣ. Извѣстно, что отъ предмета (ab), стоящаго на извѣстномъ разстояніи отъ чечевицы (kl), она даетъ на экранѣ (c) ясное извращенное изображеніе (a'b'), для построенія котораго нужно только знать положеніе точки пересѣченія свѣтовыхъ лучей (aa' и bb') въ преломляющей средѣ. Разъ оно извѣстно, линіями aa' и bb' опредѣляется



14

положеніе и величина образа на сѣтчаткѣ. Въ нормальномъ глазу, при смотрѣніи вдаль, эта точка пересѣченія лучей o лежитъ въ задней половинѣ хрусталика на соединеніи передней трети глазной оси cd съ среднею третью ея длины (рис. на стр. 209); именно точка o лежитъ въ 7,5 мм. отъ верхушки роговицы (c) и въ 15 мм. отъ сѣтчатки (d), такъ какъ въ нормальномъ глазу длина переднезадней оси равна 22,5 мм. Зная удаленіе точки o отъ роговицы и сѣтчатки легко высчитать величину образа отъ любаго предмета, когда извѣстна его величина и удаленіе отъ глаза. Такъ, въ подобныхъ треугольникахъ aob и a'ob' высоты относятся какъ основанія; слѣдовательно:

$$ab : a'b' = oe : od,$$

т. е. величина предмета относится къ величинѣ образа, какъ отстояніе предмета отъ глаза + 7,5 мм. относится къ 15 мм. Если напр. высота предмета 10 метровъ [1]) и удаленъ онъ отъ глаза на 100 метровъ, то получимъ

$$100{,}0075 : 10 = 15 : x,$$

или словами:

во сколько разъ предметъ меньше своего отстоянія отъ глаза, во столько же разъ его образъ меньше 15 миллиметровъ.

Если предметъ меньше своего отстоянія отъ глаза въ 5, 10, 20, 50 разъ, то соотвѣтственныя величины будутъ $\frac{15}{5}$, $\frac{15}{10}$, $\frac{15}{20}$ и $\frac{15}{50}$ миллиметровъ. Церковь въ 30 метровъ вышиной (около 15 саженъ) на разстояніи 300 метровъ (около 150 саженъ) даетъ образъ на сѣтчаткѣ величиною въ 1,5 миллиметра, т. е. немного болѣе булавочной головки.

Круги свѣторазсѣянія въ глазу. Но если въ глазу изображенія строятся показаннымъ образомъ, т. е. при посредствѣ роговицы и хрусталика, какъ двояко выпуклой чече-

---

[1]) Два метра составляютъ почти сажень; а миллиметръ есть $^1/_{1000}$ доля метра.

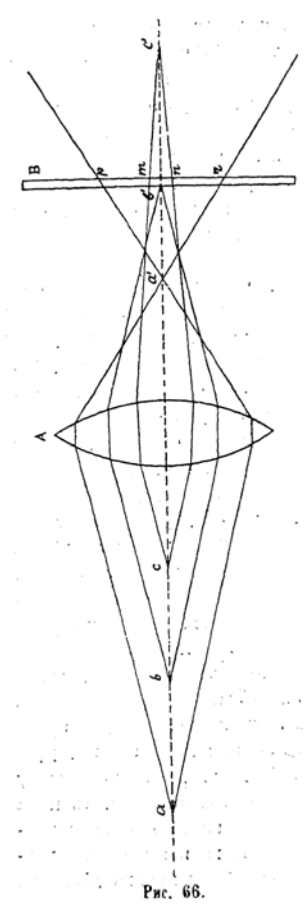


Рис. 66.

вицы, а сѣтчатка служитъ экраномъ для улавливанія изображеній, то слѣдуетъ ожидать, что при нѣкоторыхъ условіяхъ на сѣтчаткѣ будутъ получаться отъ предметовъ неясные расплывчатые образы, вслѣдствіе образованія круговъ свѣторазсѣянія; и мы сейчасъ увидимъ, что это дѣйствительно иногда происходитъ.

Извѣстно, что если двояковыпуклая чечевица (A) и экранъ (B) позади нея остаются неподвижными (рис. 66), то на послѣднемъ рисуются совершенно ясныя отчетливыя изображенія только отъ предметовъ, находящихся въ одномъ опредѣленномъ разстояніи отъ чечевицы; предметы же, лежащіе ближе къ ней или далѣе отъ нея, даютъ неясные образы съ расплывчатыми контурами. Если конусъ лучей на чечевицу изъ точки b сходится за чечевицей въ точкѣ b' и здѣсь же стоитъ экранъ, то на послѣднемъ получается ясный точечный образъ b; конусъ изъ точки a схо-

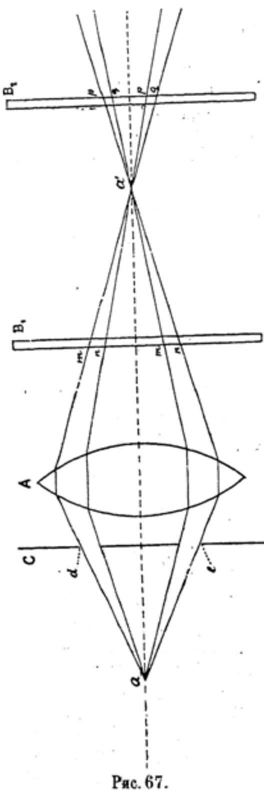


Рис. 67.

дится тогда передъ экраномъ въ точку a', и на экранѣ вмѣсто точки получается кругъ свѣторазсѣянія pr; а конусъ изъ c сходится въ точку c' позади экрана и на послѣднемъ получается кругъ свѣторазсѣянія mn. Легко понять, что круги свѣторазсѣянія можно получить и другимъ образомъ: вмѣсто того, чтобы перемѣщать, при неподвижности экрана, свѣтящуюся точку, передвигать, при неподвижности послѣдней, экранъ B. Но всего удобнѣе наблюдать круги свѣторазсѣянія слѣдующимъ образомъ. Между свѣтящейся точкой a и чечевицей, близь послѣдней, ставятъ ширму C съ двумя отверстіями p и e (рис. 67). Конусы лучей изъ a черезъ эти отверстія сходятся по преломленіи чечевицей въ точкѣ a'; значитъ, стоитъ ли экранъ ближе къ чечевицѣ (въ B_1) или дальше отъ нея (въ B_2), чѣмъ точка a', въ обоихъ случаяхъ на немъ получаются два круга свѣторазсѣянія, mn и mn, pq и pq. Тождественное по смыслу явленіе можно получить и на глазу. Съ этой цѣлью въ кускѣ плотной бумаги прокалываютъ булавкой два отверстія на показанномъ разстояніи (рис. 68), именно, чтобы они были меньше діаметра

зрачка. Этотъ кусокъ держатъ передъ однимъ глазомъ (примѣрно на полвершка отъ него), закрывши другой, и смотрятъ черезъ отверстія на булавку въ отвѣсномъ положеніи, приближая и удаляя ее отъ смотрящаго глаза. При этомъ съ извѣстнаго разстоянія булавка видится одинокой, съ ясными контурами, а ближе и дальше этой точки — двойной съ расплывчатыми очертаніями, и разстояніе между образами ея тѣмъ больше, чѣмъ больше приближена булавка къ смотрящему глазу. Въ этомъ опытѣ бумага съ двумя отверстіями соотвѣтствуетъ ширмѣ C предъидущаго опыта; хрусталикъ представляетъ чечевицу, а сѣтчатка съ двойнымъ образомъ булавки соотвѣтствуетъ положенію экрана въ B_1 или въ B_2, смотря потому, лежитъ ли булавка очень близко къ глазу (тогда одинокій образъ булавки лежитъ за сѣтчаткой), или дальше того мѣста, изъ котораго она видится одинокой.

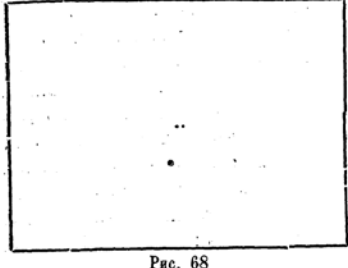


Рис. 68

Опытъ этотъ не только строго доказываетъ происхожденіе круговъ свѣторазсѣянія въ глазу, но вмѣстѣ съ этимъ слѣдующіе крайне важные факты:

Ясность видѣнія предметовъ тѣсно связана съ ясностью ихъ образовъ на сѣтчаткѣ по той причинѣ, что мы видимъ собственно не предметы внѣшняго міра, а образы ихъ на сѣтчаткѣ, выносимые нашимъ сознаніемъ наружу въ мѣста, гдѣ лежитъ разсматриваемый предметъ.

Мы видѣли въ самомъ дѣлѣ, что когда на сѣтчаткѣ рисуются два расплывчатые образа отъ одинокого предмета, то онъ кажется намъ двойнымъ и съ расплывчатыми контурами, чего въ дѣйствительности нѣтъ.

2) При данномъ неизмѣнномъ положеніи глаза мы не можемъ видѣть въ одно и тоже время съ одинаковой ясностью предметы, различно удаленные отъ глаза. Если видятся ясно предметы на какомъ нибудь одномъ разстояніи, то всѣ болѣе близкіе и далекіе должны давать круги свѣторазсѣянія и будутъ видѣться съ расплывшимися очертаніями.

Наиболѣе удобная форма прямаго опыта, доказывающаго послѣднее положеніе, заключается въ слѣдующемъ. Берутъ какую-нибудь натянутую въ рамкѣ сквозную сѣтку, наприм. изъ тюля, ставятъ ее передъ глазами примѣрно въ разстояніи 5—6 вершковъ, а за нею страницу развернутой книги. Если поставить себѣ при этомъ цѣлью чтеніе книги, то буквы видятся совершенно отчетливо, а тюлевая сѣтка расплывается тогда въ туманъ; поставивъ же себѣ наоборотъ цѣлью видѣть ясно тюль, мы совершенно отчетливо видимъ сѣть нитокъ, но тогда не видимъ ясно буквъ. Еще разъ повторяю, въ одно и тоже время нельзя видѣть съ одинаковой ясностью различно удаленныхъ предметовъ; *но послѣдовательно, другъ за другомъ, ясное видѣніе возможно.* Это прямо вытекаетъ изъ обѣихъ половинъ только-что приведеннаго опыта.

Значитъ, при послѣдовательномъ ясномъ видѣніи различно удаленныхъ предметовъ, въ глазу должны происходить какія то измѣненія, способствующія образованію ясныхъ изображеній на днѣ глаза. Такія измѣненія происходятъ въ дѣйствительности и носятъ названіе *акта аккомодаціи или приспособленія глаза къ разстояніямъ.*

Механизмъ аккомодаціи. Сущность этого нервно-мышечнаго процесса заключается въ измѣненіяхъ кривизны преимущественно передней поверхности хрусталика, черезъ что измѣняется его преломляющая способность. Чтобы понять смыслъ этого приспособленія, представимъ себѣ на минуту, что его въ глазу нѣтъ, и человѣкъ смотритъ на очень далекую точку a (фиг. I рис. 69), причемъ она даетъ на сѣтчаткѣ

ясный точечный образъ a′. Это значитъ, что лучи, падающіе на глазъ изъ a расходящимся конусомъ, собирались бы по преломленію въ сходящійся конусъ, котораго вершина лежитъ на сѣтчаткѣ. Если же отъ смотрѣнія вдаль человѣкъ перешелъ бы къ смотрѣнію вблизь, напр., къ разсматриванію точки b, то теперь лучи изъ b падали бы на глазъ болѣе расходящимися, чѣмъ прежде; а собирательная сила хрусталика оставалась бы прежней, слѣдовательно она не могла бы собрать падающіе лучи, какъ прежде, въ точку a′, а собрала бы ихъ за сѣтчаткой, напр. въ точкѣ b′. Тогда отъ b вмѣсто точечнаго образа получился бы кругъ свѣторазсѣянія. Другое дѣло, если бы при этомъ собирательная сила хрусталика (его преломляющая способность) увеличилась, если бы его поверхности стали, напр., болѣе выпуклы, какъ это показано на фиг. II, тогда онъ могъ бы свести въ точку a′, т. е. на сѣт-

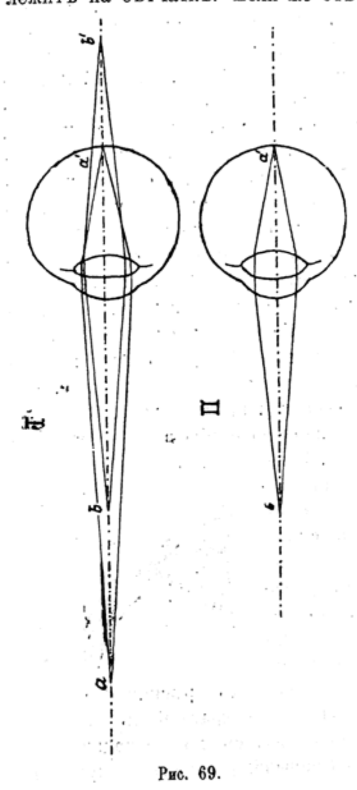


Рис. 69.

чатку, и болѣе расходящіеся лучи изъ b. Это самое и происходитъ въ дѣйствительности: по мѣрѣ того, какъ разсматриваемый предметъ приближается къ глазу, поверхности хрусталика, особенно передняя, болѣе и болѣе выпукляются, черезъ что образы ложатся на сѣтчатку.

Что же производитъ большее и большее выпукленіе хрусталика? Для поясненія я приведу образъ. Упругій хрусталикъ съ обволакивающей его упругой сумкой можно безъ всякой натяжки сравнить съ круглой пуховой подушкой, заключенной въ наволочку, съ пришитой вокругъ нея оборкой. Наволочка будетъ сумкой хрусталика, а оборка a—цинновой пленкой. Если оборку по всей ея окружности растягивать въ направленіи стрѣлокъ, то подушка становится болѣе и болѣе плоской; а по прекращеніи тяги, т. е. когда натяженіе оборки ослабѣваетъ, подушка вслѣдствіе упругости возвращается къ своему естественному положенію, т. е. выпукляется. Натянутость оборки или цинновой пленки соотвѣтствуетъ покою глаза или смотрѣнію вдаль, а разслабленіе ея смотрѣнію вблизь. Цинновая пленка c, сросшаяся съ рѣсничнымъ тѣломъ, переходитъ, какъ мы знаемъ, своимъ свободнымъ концомъ къ сумкѣ хрусталика; если слѣдовательно частицы рѣсничнаго тѣла перемѣщаются сзади напередъ, въ направленіи стрѣлки p, то свободный конецъ c долженъ разслабляться. Передвиженіе же частицъ рѣсничнаго тѣла сзади напередъ производится сокращеніемъ рѣсничной мышцы, волокна которой, родясь изъ неподвижнаго, такъ сказать, кольца при основаніи роговицъ, тянутся по

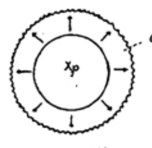


Рис. 70.

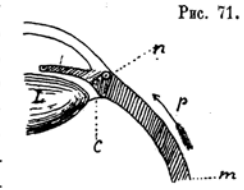


Рис. 71.

меридіанамъ глаза спереди назадъ и теряются на уровнѣ m въ подвижныхъ частяхъ сосудистой оболочки. При сокращеніи этихъ волоконъ точки сосудистаго слоя на уровнѣ m должны приближаться къ неподвижному кольцу на уровнѣ n и тянуть вмѣстѣ съ собою сзади напередъ приросшую къ нимъ циннову пленку. Выше я назвалъ приспособленіе глаза нервно-мышечнымъ актомъ, и его нервная природа вытекаетъ уже изъ того обстоятельства, что актъ подчиненъ волѣ. Управляется рѣсничная мышца нервомъ, который называется общимъ двигателемъ глаза.

Предѣлы аккомодаціи нормальнаго глаза лежатъ между безконечностью и такимъ удаленіемъ предметовъ, на которомъ человѣкъ разсматриваетъ мелкія вещи (около 150 миллиметровъ), но это не значитъ, что аккомодативный снарядъ дѣйствуетъ, начиная съ безконечныхъ удаленій предметовъ до разстояній. на которыхъ человѣкъ читаетъ книгу. Глазъ устроенъ такъ, что при смотрѣніи вдаль за предѣлами 30 саженъ, въ аккомодаціи нѣтъ нужды, потому что круги свѣтоpазсѣянія на этихъ разстояніяхъ такъ ничтожно малы, что уже не могутъ вредить ясности видѣнія. Стало быть аккомодативное дѣйствіе глазъ начинается лишь съ приближеніемъ предметовъ менѣе чѣмъ на 30 саженъ отъ глаза.

Пороки глаза. Изъ прирожденныхъ пороковъ глаза публика знаетъ только одинъ — близорукость; но ихъ три: близорукость, дальнозоркость и астигматизмъ. Близорукій глазъ (рис. 72 II) отличается отъ нормальнаго (I) только большей, а дальнозоркій (III) только меньшей длиною переднезадней оси, какъ это изображено на приложенныхъ рисункахъ. Въ покойномъ состояніи, т. е. безъ аккомодативнаго дѣйствія, нормальный глазъ сводитъ на сѣтчатку въ a лучи отъ безконечно-далекихъ предметовъ, т. е. падающіе на глазъ параллельными. Въ близорукомъ же глазу точка схожденія параллельныхъ лучей лежитъ передъ сѣтчаткой, а въ дальнозоркомъ позади нея. По этой причинѣ близорукій человѣкъ видитъ вдаль

неясно и собираетъ на сѣтчаткѣ только лучи сильно расходящіеся, т. е. отъ близкихъ предметовъ. Дальнозоркій же не можетъ видѣть ясно ни вдаль ни вблизь, потому что его глазъ можетъ собирать на сѣтчаткѣ только лучи, падающіе

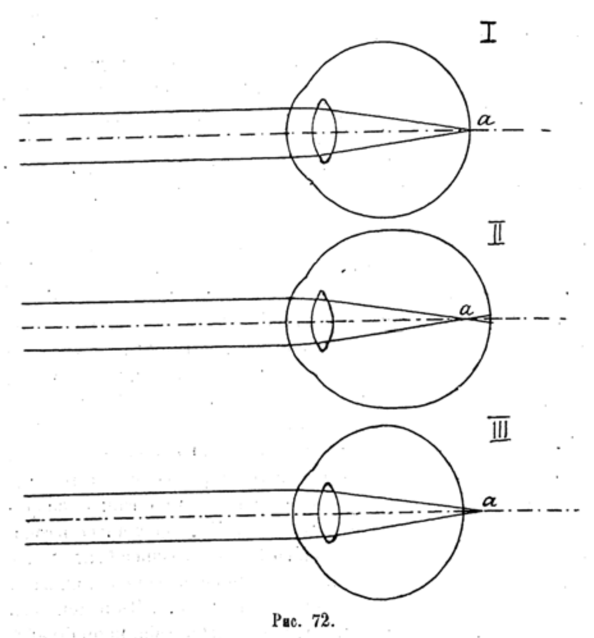


Рис. 72.

на него сходящимися, а такихъ лучей въ природѣ нѣтъ. Однако, при посредствѣ очковъ оба порока могутъ быть исправлены. Близорукимъ даютъ для смотрѣнія вдаль разсѣевающія очки (рис. 73), которыя дѣлаютъ падающіе на нихъ параллельные лучи расходящимися, какъ будто они выхо-

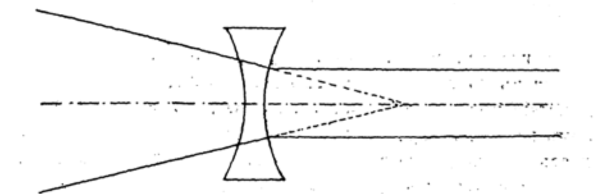


Рис. 73.

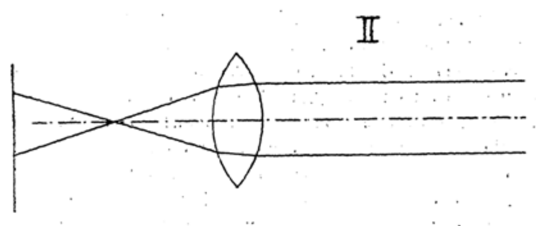


Рис. 74.

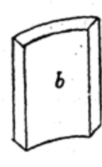


Рис. 75.

дили не изъ безконечно удаленной, а изъ болѣе или менѣе близкой къ чечевицѣ (смотря по ея силѣ) точки. Дальнозоркiе должны носить наоборотъ такiя очки (двояко выпуклыя), которыя превращаютъ параллельные лучи въ сходящiеся (рис. 74).

Что касается до астигматизма, то причина этого порока лежитъ въ неодинаковости кривизны роговицы по двумъ перпендикулярнымъ другъ къ другу направленiямъ. Исправляется этотъ порокъ цилиндричискими очками, плоско выпуклыми (a) или плосковогнутыми (b).

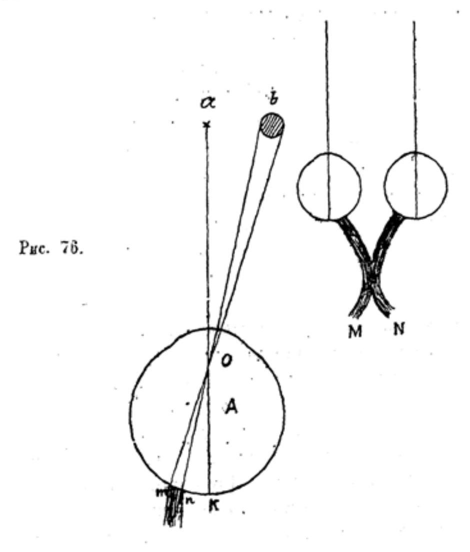
Прирожденную дальнозоркость не слѣдуетъ смѣшивать съ дальнозоркостью, развивающеюся у людей съ нормальными глазами въ старости. Причина послѣдней заключается въ постоянно возрастающемъ съ годами ослабленіи дѣйствія приспособительнаго аппарата, которое въ пожиломъ возрастѣ становится настолько сильнымъ, что побуждаетъ носить двояко выпуклыя очки для смотрѣнія вблизь.

Слой сѣтчатки возбудимый свѣтомъ. До сихъ поръ, говоря объ образахъ предметовъ на днѣ глаза, мы говорили, что они рисуются на сѣтчаткѣ, представляющей концевой аппаратъ зрительнаго нерва. Затѣмъ мы видѣли, что ясность видѣнія предметовъ стоитъ въ прямой связи съ ясностью ихъ образовъ. Значитъ, сѣтчатка возбудима свѣтомъ. Но, одинаково ли она возбудима во всѣхъ точкахъ ея поверхности, и всѣ ли ея слои чувствительны къ свѣту?

По первому изъ этихъ вопросовъ опыты показываютъ, что свѣточувствительностью обладаетъ вся поверхность сѣтчатой оболочки, за исключеніемъ мѣста входа зрительнаго нерва въ глазъ, которое называется поэтому *слѣпымъ пятномъ.* Присутствіе его доказывается слѣдующимъ опытомъ. На листѣ бумаги, положенномъ на столъ, дѣлаются два знака a и b, какъ на приложенномъ рисункѣ (рис. 76), въ разстояніи вершка другъ отъ друга — крестикъ слѣва, если хотятъ дѣлать опытъ надъ правымъ глазомъ какъ показано на рисункѣ), или справа, если опытъ дѣлается съ лѣвымъ. Затѣмъ, сидя передъ листомъ, какъ при чтеніи развернутой книги, закрываютъ неупотребляемый въ дѣло глазъ рукою (лѣвый), а испытуемый (на рисункѣ правый) помѣщаютъ прямо передъ крестикомъ и, смотря неподвижно въ точку a, то медленно приближаютъ, то медленно удаляютъ отъ нея глазъ наклоненіями головы. При такихъ передвиженіяхъ всякій замѣтитъ, что на нѣкоторомъ разстояніи глаза A отъ точки a (приблизительно 5—6 вершковъ), кружокъ b перестаетъ быть видимымъ — это

продолжается нѣкоторое время при дальнѣйшемъ наклоненіи головы, а при еще большемъ приближеніи глаза онъ появляется вновь. Объясняется это очень просто. Въ каждомъ глазу мѣсто вхожденія зрительнаго нерва лежитъ кнутри отъ точки пересѣченія передне-задней оси глаза съ сѣтчаткой; и когда глазъ настолько удаленъ отъ a, что

Рис. 76.



образъ b падаетъ на мѣсто вхожденія зрительнаго нерва mn (какъ это изображено на рисункѣ), кружокъ становится невидимымъ. Если бы глазъ отстоялъ отъ a дальше, чѣмъ показано на рисункѣ, то образъ b упалъ бы въ промежутокъ между mn и k, а при болѣе близкомъ положеніи глаза онъ нарисовался бы влѣво отъ mn; слѣдовательно упалъ

бы въ обоихъ случаяхъ на чувствительныя къ свѣту мѣста сѣтчатки.

Дальнѣйшими опытами установлено, что между центральными и боковыми частями сѣтчатки, разницы въ чувствительности къ свѣту (т. е. способности возбуждаться самыми слабыми свѣтовыми вліяніями) нѣтъ; но существуетъ огромная разница въ такъ назыв. *остротѣ зрѣнія.* Боковыми частями сѣтчатки мы плохо различаемъ фигуры даже большихъ предметовъ, а центральною частью ея, лежащей прямо насупротивъ зрачка, т. наз. *желтымъ пятномъ*, въ особенности же *центральнымъ углубленіемъ* послѣдняго, мы видимъ крайне мелкія подробности предметовъ. Убѣдиться въ этомъ можно слѣдующимъ образомъ. На страницѣ книги, напечатанной среднимъ шрифтомъ, выбираютъ слово, состоящее изъ 10—12 буквъ, и, закрывъ одинъ глазъ рукою, другой устремляютъ *неподвижно* на среднюю букву избраннаго слова и стараются дать себѣ ясный отчетъ, сколько собственно буквъ въ словѣ видится настолько ясно, что ихъ можно прочесть. Оказывается, небольше 5. Значитъ, кругъ яснаго видѣнія мелкихъ формъ никакъ не превышаетъ кружка въ 7—8 мм. діаметромъ. Если чтеніе буквъ происходило на разстояніи около 220 мм., то образъ этого кружка на сѣтчаткѣ будетъ имѣть діаметръ не болѣе 0,5 миллим. Это и будетъ протяженностью мѣста наиболѣе яснаго видѣнія мелкихъ формъ. Длинникъ центральнаго углубленія желтаго пятна считаютъ еще меньше, въ 0,3 мм Мѣсто это характеризуется, какъ мы знаемъ, тѣмъ, что здѣсь почти всю толщу сѣтчатки составляютъ плотно сидящія другъ подлѣ друга колбочки. Слѣдовательно:

тонко различимыя формы предметовъ даютъ образы, падающіе на мелкую мозаику колбочекъ въ центральномъ углубленіи желтаго пятна.

Ѳонкость различенія формъ въ этомъ мѣстѣ измѣряется слѣдующимъ образомъ. Берутъ два отвѣсно натянутыхъ

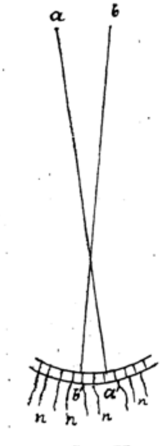


Рис. 77.

волоска a и b, ставятъ ихъ передъ глазомъ (другой закрытъ) примѣрно на 200 мм. и сближаютъ ихъ до тѣхъ поръ, пока они видятся раздѣльно. Соотвѣтствующее этому условію наименьшее разстояніе между волосками считается случаемъ, изображеннымъ на рисункѣ, именно, когда между образами волосковъ на сѣтчаткѣ, т. е. между a и b, лежитъ по крайней мѣрѣ одна свободная колбочка. Изъ такихъ опытовъ найдено, что разстояніе это (0,002 — 0,003 мм.) ни въ какомъ случаѣ не превышаетъ толщины тѣлъ колбочекъ центральнаго углубленія; поэтому оно можетъ служить не только мѣрой для тонкости различенія глазомъ отдѣльныхъ точекъ свѣтоваго образа, но также мѣриломъ тонкости воспринимающей эти образы мозаики.

Видѣніе плоскостныхъ формъ можетъ быть сведено на видѣніе въ нихъ отдѣльныхъ точекъ, при посредствѣ элементовъ мозаики, прикрытыхъ образами этихъ формъ; причемъ каждый элементъ мозаики считается воспринимающимъ отдѣльную точку предмета и связаннымъ съ отдѣльнымъ нервнымъ волокномъ, проводящимъ возбужденіе изолированно отъ прочихъ (на приложенномъ рисункѣ линіи nnn изображаютъ эту связь).

Понятно, что чѣмъ мельче мозаика колбочекъ, тѣмъ тоньше видѣніе формъ. Центральное углубленіе желтаго пятна — маленькій кружокъ съ діаметромъ въ 0,3 мм. — стоитъ въ этомъ отношеніи на первомъ планѣ и представляетъ то мѣсто сѣтчатки, на которое падаютъ образы разсматриваемыхъ мелкихъ частей предметовъ (напримѣръ, читаемыхъ въ книгѣ словъ). Въ немъ насчитываютъ болѣе

4000 колбочекъ, слѣдовательно въ плоскомъ образѣ предмета, величиною съ горошину, глазъ видитъ въ сущности нѣсколько тысячъ точекъ! Отсюда въ стороны тонкость различенія формъ убываетъ; а за предѣлами желтаго пятна она уже очень несовершенна, потому что здѣсь преобладаютъ палочки, мозаика которыхъ, хотя и чувствительна къ свѣту, но не участвуетъ (по крайней мѣрѣ у человѣка) въ видѣніи формъ. Чтобы убѣдиться въ этомъ, стоитъ развернуть книгу, одинъ глазъ закрыть, а другой устремить неподвижно на середину книги. Глазъ видитъ обѣ страницы разомъ, но прочесть ни единаго слова не можетъ.

У человѣка глаза представляютъ оптическій инструментъ съ полемъ зрѣнія болѣе чѣмъ въ 180°; но участокъ яснаго видѣнія предметовъ занимаетъ въ немъ лишь очень незначительное пространство. Поэтому, когда человѣкъ разсматриваетъ предметы, наполняющіе его поле зрѣнія или части одного крупнаго предмета, то глаза его должны непрерывно перебѣгать отъ одной точки видимой картины къ другой, чтобы образъ каждой разсматриваемой части падалъ на желтое пятно.

На первый взглядъ такое устройство глаза кажется несовершенствомъ зрительнаго аппарата—можно думать именно, что зрѣніе наше много выиграло бы, еслибы глазъ видѣлъ съ одинаковой ясностью всѣ точки лежащей передъ нимъ широкой картины разомъ, т. е. еслибы вся сѣтчатка была выстроена, какъ центральное углубленіе желтаго пятна, изъ однихъ колбочекъ. Тогда передвиженіе глазъ, съ цѣлью яснаго видѣнія частей, дѣлалось бы излишнимъ, потому что всѣ части видѣлись бы одинаково ясно. Легко убѣдиться однако, что такой зрительный инструментъ былъ бы значительно несовершеннѣе нашего глаза. Выдѣляя послѣдовательно изъ общей картины небольшіе участки ясно видимыхъ подробностей, глазъ нашъ *расчленяетъ картину на части;* и такъ какъ расчлененіе это сопровождается пере-

движеніями глаза, а передвиженія эти мы чувствуемъ, какъ движеніе вверхъ, внизъ, вправо, влѣво и пр., то рядомъ съ расчлененностью картины мы распознаемъ *относительное расположеніе частей картины* (подробности объ этомъ см. ниже, когда будетъ рѣчь о локализаціи видимыхъ предметовъ въ плоскости при смотрѣніи двумя глазами). То и другое, было бы невозможно, еслибы нашъ глазъ, видя всѣ точки широкой картины одинаково ясно, оставался неподвижнымъ, за отсутствіемъ поводовъ къ передвиженію.

Процессъ возбужденія наконечниковъ зрительнаго нерва свѣтомъ. Въ чемъ заключается дѣйствіе свѣта на наконечники колбочекъ, неизвѣстно; но, судя потому, что онъ дѣйствуетъ на наконечники палочекъ безъ всякаго сомнѣнія химически, естественно думать, что такимъ же въ сущности образомъ дѣйствуетъ онъ и на колбочки. Лѣтъ 30 тому назадъ было найдено, что въ живомъ глазу, остававшемся нѣкоторое время въ темнотѣ, наконечники палочекъ всегда окрашены въ красноватый цвѣтъ, а на свѣту быстро выцвѣтаютъ. Вскорѣ затѣмъ другому изслѣдователю удалось получить на глазахъ животныхъ выцвѣтшіе образы предметовъ (напр. изображеніе окна съ переплетами) и фиксировать ихъ (4%-нымъ растворомъ квасцовъ), какъ это дѣлается съ фотографическими снимками. Такимъ образомъ сходство сѣтчатки съ фотографической пластинкой было строго доказано; но, къ сожалѣнію, только для частей сѣтчатки внѣ желтаго пятна; въ наконечникахъ же колбочекъ центральнаго углубленія, т. е. того именно мѣста, которымъ мы смотримъ, не найдено до сихъ поръ ни окрашенности, ни выцвѣтанія. Поэтому-то и было сказано выше, что судить о возбужденіи свѣтомъ колбочекъ можно лишь по аналогіи съ дѣйствіемъ его на палочки. Впрочемъ въ пользу химическаго дѣйствія свѣта на всѣ вообще элементы сѣтчатки говоритъ уже ея необычайная чувствительность къ свѣту, такъ какъ извѣстно, что изъ всѣхъ вообще эффектовъ,

производимыхъ свѣтомъ, химическое дѣйствіе стоитъ, по его рѣзкости, на первомъ мѣстѣ. Другое не менѣе важное для зрѣнія свойство сѣтчатки заключается въ томъ, что измѣненія, произведенныя въ ней свѣтомъ, въ мѣстѣ, гдѣ лежитъ образъ предмета, чрезвычайно быстро сглаживаются. Только благодаря этому въ нашемъ зрѣніи не сливаются другъ съ другомъ образы различныхъ предметовъ, разсматриваемыхъ поочередно съ промежутками въ доли секундъ. Ниже мы однако увидимъ, что сглаживаніе это не мгновенное — слѣдъ отъ только что прекратившагося возбужденія остается въ теченіе сотыхъ долей секунды, но настолько уже слабымъ, что исчезаетъ для нашего сознанія передъ новымъ яркимъ образомъ, ложащимся на тоже мѣсто. Доказывается это для желтаго пятна тѣмъ, что двѣ мгновенныя электрическія искры перестаютъ чувствоваться раздѣльно, если слѣдуютъ одна за другой менѣе чѣмъ въ 0,02 секунды. Нѣтъ сомнѣнія, что въ основѣ разбираемаго свойства сѣтчатки лежитъ двойственность процесса, возбуждаемаго въ ней свѣтомъ. Если одинъ соотвѣтствуетъ разложенію нѣкотораго свѣточувствительнаго вещества, то другой дѣйствуетъ въ обратномъ направленіи — возстановляетъ разложенное.

Видѣніе цвѣтовъ. Когда мы видимъ при дневномъ свѣтѣ одинъ предметъ окрашеннымъ въ красный цвѣтъ, другой въ желтый, третій въ зеленый и т. д., это значитъ, что изъ свѣта солнца, падающаго на первый предметъ, всѣ составляющіе его простые, т. е. цвѣтные лучи, за исключеніемъ красныхъ, поглощены тѣломъ, а послѣдніе отражаются отъ предмета: во второмъ случаѣ поглощены тѣломъ всѣ, за исключеніемъ отражающагося желтаго и т. д. Тоже самое имѣетъ мѣсто и при вечернемъ искусственномъ освѣщеніи, съ тою лишь разницею, что здѣсь на нашъ глазъ дѣйствуютъ лучи лампы, свѣчи и т. п. Значитъ, какъ ни разнообразны цвѣта окрашенныхъ предметовъ, по-

сылаемые ими въ нашъ глазъ цвѣтные лучи отъ нихъ суть лучи солнца или лучи того искусственнаго источника свѣта, при которомъ мы видимъ предметы окрашенными. Но всякому, конечно, извѣстно, что въ свѣтѣ солнца и нашихъ искусственныхъ источниковъ, разложенномъ посредствомъ призмы (также въ радугѣ), различаютъ со временъ Ньютона 7 основныхъ цвѣтовъ: красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синій и фіолетовый. Слѣдовательно по этой теоріи видѣніе цвѣтовъ сводилось бы на рѣшеніе семи задачъ, именно какъ воспринимается каждый изъ семи основныхъ цвѣтовъ солнечнаго свѣта. Однако ньютоновское упрощеніе оказалось не крайнимъ:—оказалось именно, что всѣ цвѣта солнечнаго свѣта можно вывести изъ трехъ основныхъ цвѣтовъ, путемъ смѣшенія ихъ по два. Такъ, если къ семи цвѣтамъ Ньютона въ спектрѣ прибавить два переходныхъ оттѣнка, желтозеленый и зеленоголубой; то получится рядъ:

1. Красный.
2. Оранжевый.
3. Желтый.
4. Желто-зеленый.
5. Зеленый.
6. Зелено-голубой.
7. Голубой.
8. Синій.
9. Фіолетовый,

представляющій слѣдующія особенности:

1) всѣ цвѣта, за исключеніемъ средняго, зеленаго, будучи смѣшиваемы попарно изъ верхней и нижней половины ряда, даютъ бѣлый цвѣтъ, именно 1+6; 2+7; 3+8; 4+9. Цвѣта каждой пары называются *дополнительными* другъ къ другу;

2) каждая пара цвѣтовъ, лежащихъ ближе чѣмъ дополнительные, даетъ промежуточные между ними цвѣта:

смѣсью 1+5 можно воспроизвести 2, 3 и 4; смѣсью 5+9 цвѣта 6, 7, 8.

Отсюда уже очевидно слѣдуетъ, что тремя основными цвѣтами, изъ смѣшенія которыхъ въ разныхъ пропорціяхъ по два можно получить всѣ остальные, должны быть: красный, зеленый и фіолетовый. Соотвѣтственно этому, задача объясненія видѣніи цвѣтовъ можетъ быть сведена на рѣшеніе трехъ задачъ: какъ воспринимаются сѣтчаткой красные, зеленые и фіолетовые лучи. Но выше, когда говорилось о возбужденіи ея свѣтомъ вообще (т. е. смѣшаннымъ свѣтомъ), было сказано, что процессъ этотъ намъ неизвѣстенъ; слѣдовательно и о дѣйствіи цвѣтныхъ лучей на элементъ сѣтчатки мы ничего въ сущности не знаемъ. Современное ученіе о видѣніи цвѣтовъ занимается пока исключительно вопросами, насколько объяснимы всѣ подробности цвѣтоваго видѣнія (особенно случаи цвѣтовой слѣпоты) принимаемымъ за основу ограниченнымъ числомъ цвѣтовыхъ ощущеній.

Свѣтовые слѣды. Всякому, конечно, извѣстна слѣдующая дѣтская забава: передъ глазами быстро вертятъ тлѣющимъ углемъ, и въ глазахъ рисуется сплошное свѣтлое кольцо, соотвѣтствующее пути, пробѣгаемому углемъ. Такъ какъ при этомъ по сѣтчаткѣ тоже пробѣгаетъ свѣтовая точка, съ тою же самою скоростью и тоже въ направленіи круга,— слѣдовательно возбужденіе каждой отдѣльной точки сѣтчатки длится лишь одно мгновеніе, а между тѣмъ свѣтлое кольцо кажется намъ сплошнымъ, какъ будто свѣтъ продолжалъ дѣйствовать на всѣ ея точки во все время полнаго оборота угля по кругу. Объясняется это очень просто тѣмъ, что возбужденіе свѣтомъ каждой данной точки сѣтчатки исчезаетъ не мгновенно вслѣдъ за прекращеніемъ ея освѣщенія, а длится настолько долго, что свѣтовая точка успѣетъ пробѣжать весь кругъ и возвратиться къ ней, чтобы возбудить ее во второй, третій и т. д. разъ.

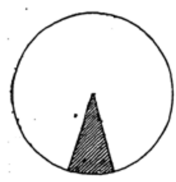


Рис. 78.

Такой же смыслъ имѣютъ общеизвѣстные опыты съ вертящимся ньютоновскимъ кружкомъ. Если на бѣломъ кружкѣ выкрасить секторъ въ красный, зеленый или вообще какой нибудь цвѣтъ, то при очень быстромъ вращеніи кружка, поверхность его кажется окрашенной совершенно равномѣрно въ свѣтло-красный, свѣтло-зеленый или вообще въ свѣтлый оттѣнокъ того цвѣта, которымъ выкрашенъ секторъ. И чѣмъ уже этотъ секторъ, тѣмъ блѣднѣе общая окрашенность вертящагося кружка, и наоборотъ. Здѣсь передъ глазомъ рисуются въ одно и тоже время два сплошныхъ кружка, бѣлый и зеленый, и они сливаются другъ съ другомъ по окрашенности, соотвѣтствующей величинѣ площадей бѣлаго и зеленаго цвѣта. Чѣмъ меньше послѣдняя, тѣмъ зеленая окрашенность смѣси очевидно слабѣе и наоборотъ. На этомъ свойствѣ глаза сохранять нѣкоторое время свѣтовое впечатлѣніе по прекращеніи свѣтоваго вліянія, основано множество очень занимательныхъ снарядовъ (между прочимъ стробоскопы и современные кинематографы), и также опыты смѣшенія цвѣтовъ по два или болѣе, съ цѣлью изученія цвѣтныхъ смѣсей вообще и дополнительныхъ въ частности.

Во всѣхъ описанныхъ случаяхъ свѣтовое вліяніе на каждое данное мѣсто сѣтчатки длится очень короткое время, и тогда свѣтовой слѣдъ имѣетъ положительный характеръ, т. е. свѣтовое ощущеніе, остающееся въ глазу по прекращеніи раздраженія, сохраняетъ всѣ свѣтовые характеры предшествовавшаго реальнаго впечатлѣнія—свѣтлыя мѣста образа остаются свѣтлыми, темныя — темными, красныя—красными и пр. По Гельмгольтцу положительные слѣды достигаютъ наибольшей яркости при продолжительности свѣтоваго раздраженя около $^1/_3$ секунды. Если же возбужде-

ніе глаза свѣтомъ длится нѣсколько секундъ, то по прекращеніи его положительный слѣдъ, такъ сказать, извращается—свѣтовыя части предмета кажутся въ слѣдѣ темными и наоборотъ.

Отрицательные свѣтовые слѣды всего проще наблюдать слѣдующимъ образомъ. На листъ сѣрой бумаги кладутъ маленькій кружокъ или квадратъ (вообще кусочекъ любой формы) бѣлой, черной, красной, желтой или вообще какой-нибудь цвѣтной бумаги. Затѣмъ одинъ глазъ закрываютъ, а другой устремляютъ неподвижно на кружокъ и смотрятъ примѣрно минуту; послѣ этого, быстрымъ движеніемъ пальца кусочекъ сбрасывается, а глазъ продолжаетъ смотрѣть въ прежнемъ направленіи. Если кружокъ былъ бѣлый, то мѣсто, бывшее прокрытымъ имъ, представляется глазу темнѣе окружающихъ частей бумаги; при черномъ кружкѣ—наоборотъ свѣтлѣе; а при цвѣтномъ — мѣсто, бывшее прикрытымъ, всегда окрашивается въ дополнительный цвѣтъ къ цвѣту кружка: на мѣстѣ краснаго является зелено-голубое пятно, на мѣстѣ желтаго—синее и пр.

Положительные слѣды объясняются тѣмъ, что возбужденіе зрительнаго аппарата, причиненное свѣтовымъ вліяніемъ, не исчезаетъ съ прекращеніемъ послѣдняго, а длится еще нѣсколько времени спустя. Отрицательные же слѣды можно считать прямымъ выраженіемъ того процесса въ сѣтчаткѣ, которымъ сглаживается эффектъ первичнаго свѣтоваго вліянія, соотвѣтствующаго разложенію свѣточувствительнаго вещества.

До сихъ поръ мы занимались вопросами, стоящими въ связи съ устройствомъ различныхъ частей глазнаго яблока и съ явленіями возбужденія зрительнаго аппарата свѣтомъ. Теперь же переходимъ къ явленіямъ, въ которыхъ глазъ служитъ для человѣка орудіемъ пространственнаго видѣнія — орудіемъ, при посредствѣ котораго онъ познаетъ

взаимное расположеніе, величину, удаленіе и тѣлесность окружающихъ его предметовъ. Явленія, съ которыми мы имѣли до сихъ поръ дѣло, не стоятъ ни въ какой связи съ подвижностью глазныхъ яблокъ; наоборотъ, въ пространственномъ видѣніи движенія глазъ вообще и въ частности смотрѣніе двумя глазами играютъ существенную роль. Поэтому прежде всего намъ необходимо познакомиться съ двигателями глазныхъ яблокъ и съ главными формами совмѣстныхъ движеній обоихъ глазъ при смотрѣніи.

Каждое изъ глазныхъ яблокъ лежитъ въ своемъ гнѣздѣ, глазничной впадинѣ, такимъ образомъ, что можетъ вращаться, какъ шаръ около своего центра, во всевозможныхъ направленіяхъ — прямо, вверхъ и внизъ, направо и налѣво и во всѣхъ промежуточныхъ между ними. При этомъ центръ вращенія глазнаго яблока остается неподвижнымъ въ пространствѣ. Двигаютъ каждымъ глазнымъ яблокомъ 6 мышцъ, 4 прямыхъ и двѣ косыя. На приложенномъ рисункѣ обоихъ глазъ въ ихъ глазницахъ (AB) въ лѣвомъ глазу изображены три прямыхъ мышцы,

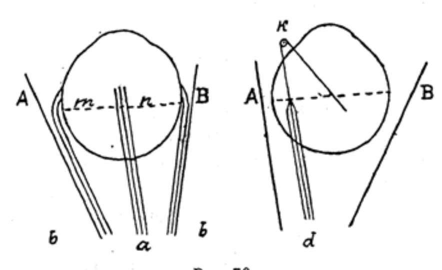


Рис. 79.

верхняя прямая a, наружная прямая b и внутренняя прямая b (нижняя прямая не нарисована, потому что она ле-

житъ снизу въ одной плоскости съ a и не можетъ быть видима); а въ правомъ глазу изображена верхняя косая d (нижняя косая лежитъ въ той же плоскости что верхняя). При сокращеніи всѣхъ мышцъ, заднія точки ихъ прикрѣпленія къ окружности задняго отверстія глазницы (a b b d) остаются неподвижны, а переднія подвижныя лежатъ для всѣхъ 4-хъ прямыхъ мышцъ кпереди за экваторомъ глаза m n, проходящимъ черезъ центръ вращенія. Поэтому мышца a вращаетъ глазное яблоко вверхъ; мышца b отводитъ глазъ къ виску; b—къ носу; нижняя же прямая опускаетъ глазъ внизъ. А если сокращаются напримѣръ верхняя и наружная прямая разомъ то глазъ поднимается вверхъ и кнаружи; сокращеніе a и c поднимаетъ глазъ кнутри и т. д. Косыя мышцы, прикрѣпляясь неподвижно къ заднему отверстію глазницы и направляясь впередъ и внутрь, переходятъ въ тонкую сухую жилу, которая перекидывается черезъ блокъ k, затѣмъ направляются назадъ и наружу и прикрѣпляются къ яблоку позади экватора. Поэтому сокращеніе верхней косой даетъ опусканіе глаза внизъ и поворачиваніе глазнаго яблока около передне-задней оси внутрь; а нижняя косая дѣйствуетъ какъ разъ наоборотъ. Нижняя косая дѣйствуетъ всегда совмѣстно съ верхней прямой, чтобы глазъ *прямо* поднимался вверхъ, *безъ вращенія около передне-задней оси,* потому, что обѣ эти мышцы вращаютъ глазъ колесообразно въ двѣ противуположныя стороны. По той же причинѣ опусканіе глазъ прямо внизъ производится совмѣстнымъ дѣйствіемъ нижней прямой и верхней косой.

Одновременно и въ согласіи съ двигателями глазъ работаюты мышцы, поворачивающія голову въ разныхъ направленіяхъ. Когда мы смотримъ сильно вверхъ, то одновременно съ поднятіемъ глазъ опрокидываемъ голову назадъ. Смотря внизъ (при чтенія, писаніи, и всѣхъ вообще ручныхъ работахъ), мы наклоняемъ голову; при смотрѣніи

вправо, повертываемъ ее въ ту же сторону и т. д. Словомъ, движеніями головы глаза перемѣщаются въ томъ же направленіи, въ которомъ передвигаютъ ихъ собственныя (глазныя) мышцы. Но это не все; самая важная услуга передвиженій головы въ стороны смотрѣнія заключается въ томъ, что при ихъ посредствѣ плоскость лица можетъ ставиться относительно разсматриваемыхъ точекъ въ такое положеніе, при которомъ зрительныя оси лежатъ въ плоскости перпендикулярной къ плоскости лица [1]). Важность такого положенія заключается въ томъ, что оно исключаетъ или ограничиваетъ вредныя для пространственнаго видѣнія вращенія глазъ около передне-задней оси.

Что касается до совмѣстнаго движенія обоихъ глазъ при смотрѣніи, то оно опредѣляется слѣдующимъ закономъ: *глаза становятся относительно всякой разсматриваемой точки такимъ образомъ, чтобы изображенія ея падали на центральныя углубленія желтыхъ пятенъ обоихъ глазъ. Прямая отъ разсматриваемой точки къ центру желтаго пятна называется зрительной осью соотвѣтствующаго глаза.*

При смотрѣніи въ безконечную даль на уровнѣ глазъ зрительныя оси параллельны и лежатъ въ горизонтальной плоскости. По мѣрѣ приближенія разсматриваемой точки, зрительныя оси сводятся навстрѣчу другъ другу (оба глаза поварачиваются къ носу) и тѣмъ сильнѣе, чѣмъ ближе лежитъ предметъ; потому что на основаніи сказаннаго закона передніе концы зрительныхъ осей должны упираться въ разсматриваемую точку. При смотрѣніи вверхъ оба глаза поднимаются, при смотрѣніи внизъ—оба опускаются, и оба же двигаются вправо или влѣво, если разсматриваемая точка лежитъ отъ глазъ вправо или влѣво. Словомъ, за исключеніемъ сведенія осей навстрѣчу другъ другу, движенія глаз-

[1]) Исключеніе изъ этого правила составляютъ лишь рѣдкіе случаи очень сильнаго смотрѣнія вверхъ и въ стороны, которые длятся лишь секунды и избѣгаются человѣкомъ.

ныхъ яблокъ всегда одноименны по направленію. Отсюда уже очевидно слѣдуетъ, что при нормальныхъ условіяхъ не бываетъ такого рода движеній, чтобы одинъ глазъ поднимался вверхъ, а другой опускался книзу, одинъ смотрѣлъ направо, другой налѣво.

Какимъ же образомъ движенія глазъ (и головы) помогаютъ зрѣнію, какая ихъ роль въ пространственномъ видѣніи, т. е. въ различеніи формъ, величины и расположенія предметовъ въ пространствѣ, равно какъ въ различеніи ихъ покоя и движенія?

Въ зрѣніи движенія участвуютъ не прямо, а черезъ посредство сопровождающаго ихъ *мышечнаго чувства*, т. е. тѣхъ слабыхъ, но ясныхъ для сознанія ощущеній, которыми сопровождаются повороты глазъ (и головы) вверхъ, внизъ и пр. Человѣкъ съ закрытыми глазами ясно сознаетъ всякое положеніе своей руки въ пространствѣ, ясно чувствуетъ направленіе, въ которомъ она перемѣщается, и быстроту ея передвиженій. Съ открытыми глазами все это онъ видитъ, а съ закрытыми узнаетъ только при посредствѣ ощущеній, связанныхъ съ перемѣнами положенія частей его тѣла въ пространствѣ. Подобно тому, какъ чисто-зрительныя впечатлѣнія представляютъ для нашего сознанія чувственные знаки отъ внѣшнихъ предметовъ, такъ мышечное чувство представляетъ систему опредѣленныхъ чувственныхъ знаковъ для опредѣленныхъ положеній и передвиженій частей нашего тѣла, между прочимъ, глазъ и головы. Подобно тому, какъ въ нашемъ сознаніи крѣпко связываются другъ съ другомъ (ассоцирутся) два разнородныя впечатлѣнія (лицо и голосъ знакомаго человѣка, громъ и молнія и пр.), постоянно встрѣчающіяся вмѣстѣ, такъ сочетаются между собою зрительныя впечатлѣнія съ постоянно сопровождающими ихъ чувственными знаками, вытекающими изъ положенія и передвиженій зрительнаго снаряда. Все то, что придаетъ зрительному акту пространственный характеръ,

есть послѣдствіе такого сочетанія. Когда человѣкъ смотритъ, онъ непосредственно видитъ предметъ лежащимъ внѣ себя, на извѣстномъ удаленіи, въ извѣстномъ направленіи и въ то же время видитъ его величину и тѣлесную форму. Все это, помимо окрашенности предмета, составляетъ пространственный характеръ зрительнаго акта, и все, какъ увидимъ далѣе, дается сознанію соотвѣтственными двигательными реакціями глаза, *актами смотрѣнія*.

Дальнѣйшія подробности объ участіи движеній въ зрительныхъ актахъ будетъ удобнѣе сообщить при описаніи частныхъ случаевъ пространственнаго видѣнія, къ которому и перехожу.

Объективированіе или вынесеніе наружу свѣтовыхъ впечатлѣній. Въ чувствѣ боли, голода, жажды и усталости, въ ощущеніи вкуса, запаха и слуха мы не чувствуемъ внѣшней причины, вызвавшей ощущеніе—оно чувствуется нами исключительно, какъ перемѣна въ состояніи нашего тѣла. Въ осязательныхъ же и зрительныхъ впечатлѣніяхъ отъ внѣшнихъ предметовъ мы наоборотъ чувствуемъ не себя, не перемѣну въ состояніи нашего тѣла, а предметъ, вызвавшій впечатлѣніе. То, что я вижу, стоитъ внѣ меня и называется внѣшнимъ предметомъ. А между тѣмъ легко убѣдиться, что я вижу собственно не внѣшній предметъ, а *вынесенный наружу* образъ его, нарисовавшійся на сѣтчаткѣ. Булавку въ разстояніи двухъ вершковъ отъ глаза мы видимъ съ расплывчатыми краями и знаемъ, что въ дѣйствительности такихъ краевъ она не имѣетъ, а съ такими краями рисуется ея образъ на сѣтчаткѣ, потому что при данномъ удаленіи булавки отъ глаза, на днѣ его получается, вслѣдствіе круговъ свѣторазсѣянія, расплывчатое изображеніе. Смотря на булавку съ того же разстоянія черезъ карту съ двумя близкими булавочными отверстіями, мы видимъ не одну, а двѣ булавки, потому что при этомъ условіи на сѣтчаткѣ рисуется не одинъ, а два образа. Зна-

читъ, и въ случаяхъ яснаго видѣнія предметовъ, мы видимъ собственно образъ ихъ на сѣтчаткѣ и выносимъ ихъ наружу въ то самое мѣсто, гдѣ лежитъ внѣшній предметъ. Это и называется *объективированіемъ* свѣтовыхъ впечатлѣній.

Съ чисто внѣшней стороны отношеніе между образомъ, нарисовавшимся на сѣтчаткѣ и вынесеннымъ наружу, тоже самое, что между реальнымъ предметомъ и его изображеніемъ на экранѣ позади двояковыпуклой чечевицы. Какъ

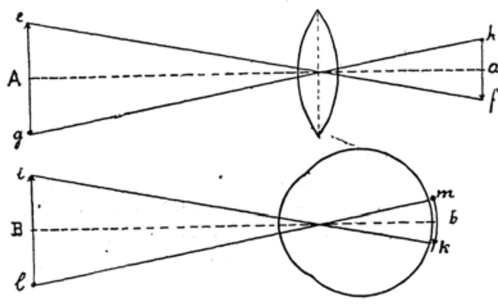


Рис. 80.

въ 1-мъ случаѣ образъ b въ глазу и вынесенный наружу образъ B связаны другъ съ другомъ прямыми ik и lm, проходящими черезъ центръ преломляющей среды, такъ и въ чечевицѣ предметъ A и его образъ a связаны прямыми ef—gh, проходящими черезъ центръ чечевицы. Значитъ, вынесеніе наружу образа происходитъ по тѣмъ самымъ линіямъ, по которымъ строится изображеніе предмета въ глазу, и вынесенный образъ всегда совпадаетъ съ внѣшнимъ предметомъ, потому что всегда выносится на такое разстояніе отъ глаза, къ которому онъ приспособленъ въ данную минуту. Другими словами, образъ *разсматриваемаго* предмета (къ нему глазъ всегда приспособленъ!), всегда выносится въ то самое мѣсто, гдѣ лежитъ предметъ, и

они вполнѣ совпадаютъ другъ съ другомъ. Отсюда уже само собою слѣдуетъ, что при смотрѣніи двумя глазами, образы предмета, лежащіе на желтыхъ пятнахъ, выносятся изъ каждаго глаза въ одно и тоже мѣсто—туда, гдѣ лежитъ реальный предметъ. Оттого и выходитъ, что хотя при смотрѣніи двумя глазами получаются два образа (по одному въ каждомъ глазу), но если они лежатъ на желтыхъ пятнахъ, то предметъ видится одиноко. Наоборотъ, предметы, образы которыхъ лежатъ въ глазахъ кнаружи или кнутри отъ желтыхъ пятенъ, кажутся двойными. Такъ, если изъ точекъ, лежащихъ прямо передъ нами, глаза

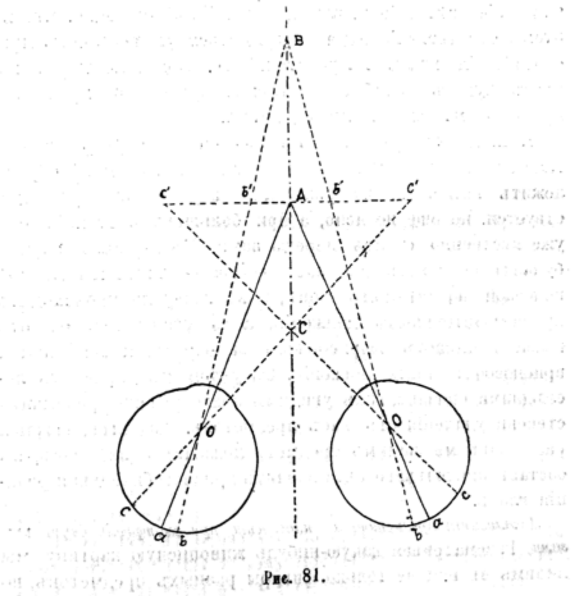


Рис. 81.

фиксируютъ точку A, то образы ея aa, лежащія на желтыхъ пятнахъ, выносятся наружу въ точку A, и послѣдняя видится одиноко. Отъ точки же C, болѣе близкой, образы на сѣтчаткѣ cc лежатъ кнаружи отъ желтыхъ пятенъ и, будучи вынесены наружу (прямыми черезъ узловыя точки глазъ oo) на разстояніе, въ которомъ лежитъ A, даютъ двойной образъ c′c′. Тоже самое и съ образомъ точки B, болѣе далекой, чѣмъ A; и она кажется двойной (b′b′).

Въ чемъ же заключается причина, что мы чувствуемъ предметы, лежащими внѣ насъ. Объяснить это, какъ чувствованіе, нельзя, все равно, какъ для насъ непостижимо ощущеніе свѣта, боли, запаха и пр. Но вѣрно одно, что въ этомъ чувствованіи играетъ существенную роль актъ приспособленія глазъ къ разстояніямъ. Подробно этотъ вопросъ будетъ разобранъ ниже; теперь же я ограничусь приведеніемъ слѣдующихъ фактовъ.

Если держать булавку въ разстояніи полувершка отъ глаза, то мы не чувствуемъ, что ея расплывчатый образъ лежитъ внѣ насъ; на разстояніи вершка, это уже чувствуется, но еще не ясно, а при большемъ отстояніи она уже явственно стоитъ передъ нами. Въ первомъ случаѣ булавка не имѣетъ для насъ образа — является туманной полоской на свѣтломъ фонѣ, и въ глазу не происходитъ приспособительныхъ движеній; а съ удаленіемъ ея отъ глаза начинаетъ вырисовываться образъ, и появляются приспособительныя движенія. Съ умѣньемъ управлять послѣдними связана, какъ увидимъ ниже, умѣнье различать степени удаленія отъ насъ предметовъ. Значитъ, каждый разъ, какъ мы видимъ предметъ лежащимъ внѣ насъ, въ составъ зрительнаго акта входитъ приспособительная реакція глазъ.

Локализація предметовъ въ плоскости при смотрѣніи двумя глазами. Разсматривая какую-нибудь живописную картину, мы видимъ въ ней не только фигуры разныхъ предметовъ, но

и ихъ взаимное расположеніе: одинъ лежитъ вправо отъ средней части картины, другой кверху, третій книзу и влѣво и т. д. При этомъ расположеніе фигуръ чувствуется нами такъ, какъ будто отъ нашего тѣла, превратившагося въ точку, были протянуты прямыя линіи, опредѣляющія направленіе, въ которомъ видятся разныя части картины.

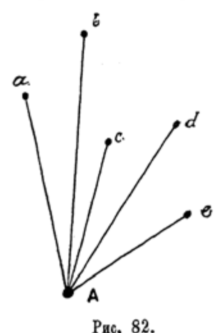


Рис. 82.

Если А есть точка, въ которую превращается тѣло смотрящаго человѣка, а точки abcde суть мѣста фигуръ на картинѣ, то взаимное расположеніе послѣднихъ будетъ соотвѣтствовать чувствованію направленій видѣнія, т. е. прямымъ Aa, Ab, Ac и т. д. Убѣдиться въ томъ, что мы чувствуемъ локализацію предметовъ по направленію видѣнія очень легко изъ того, что взаимное расположеніе точекъ abcde можно узнать не только глазами, но и рукою, протягиваемой въ направленіи къ этимъ точкамъ, какъ это дѣлаютъ слѣпые при ощупываніи рельефныхъ предметовъ и какъ поступаютъ зрячіе, когда указываютъ рукою направленіе, въ которомъ лежатъ предметы.

Но какимъ же образомъ превращается наше тѣло при смотрѣніи въ точку и чему могутъ соотвѣтствовать линіи Aa, Ab и т. д? Если бы мы смотрѣли однимъ глазомъ, то

все это было бы еще понятно: точка А представляла бы собою центръ желтаго пятна смотрящаго глаза, а линіи Аа, Аb и пр. были бы его зрительными осями. Но вѣдь у насъ рѣчь идетъ о смотрѣніи двумя глазами, слѣдовательно отъ нашего тѣла идутъ къ каждой точкѣ не одна, а двѣ прямыя.

Вопросъ этотъ разрѣшенъ крайне простымъ и остроумнымъ опытомъ Геринга. На бѣлой стѣнѣ или вообще на бѣ-

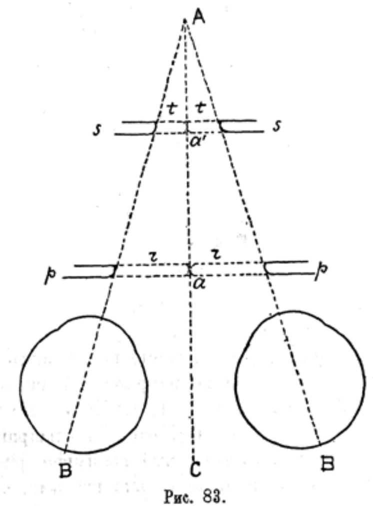


Рис. 83.

лой поверхности дѣлаютъ на уровнѣ своихъ глазъ (опытъ всего лучше дѣлать въ стоячемъ положеніи) чернилами точку, становятся прямо передъ нею въ разстояніи одного-двухъ аршинъ и, устремивъ неподвижно оба глаза на точку (А), начинаютъ сводить навстрѣчу другъ другу указательные пальцы обѣихъ рукъ на уровнѣ глазъ, въ разстояніи, напр.,

полуаршина отъ послѣднихъ. Лишь только концы пальцевъ коснутся зрительныхъ осей, AB и AB, къ пальцамъ какъ будто приростаютъ полупрозразрачные наконечники rr, касающіеся своими вершинами въ точкѣ a. При повтореніи того же опыта на другомъ разстояніи пальцевъ s и s отъ глазъ получаются опять полупрозрачные наконечники tt, сходящіеся своими вершинами въ точкѣ a'; при этомъ оказывается, что точки A, a' и a лежатъ въ прямой линіи, дѣлящей уголъ BAB пополамъ. Смыслъ этого опыта заключается въ слѣдующемъ. Мы уже знаемъ, что образы предметовъ, лежащіе на желтыхъ пятнахъ, выносятся наружу въ разсматриваемую при этомъ точку. Глаза наши устремлены въ A, слѣдовательно, ея образы лежатъ въ желтыхъ пятнахъ B и B. Но когда концы пальцевъ pp или ss, сближаясь другъ съ другомъ, дойдутъ до линій AB и AB (зрительныхъ осей), то образы ихъ, т. е. концовъ пальцевъ, упадутъ тоже въ желтыя пятна; слѣдовательно, оба конца должны видѣться какъ одна точка, и точка эта должна видѣться лежащей въ A. Значитъ, намъ должно казаться, что концы пальцевъ сблизились до соприкосновенія другъ съ другомъ въ одну точку, и послѣдняя должна казаться намъ, лежащей въ томъ же направленіи, что A. Это самое опытъ и показываетъ. Стало быть, направленіе, въ которомъ видится нами точка A, при смотрѣніи двумя глазами, опредѣляется прямой линіей, дѣлящею уголъ между зрительными осями пополамъ. Точка, въ которую превращается наше тѣло, при смотрѣніи двумя глазами, есть C — точка, лежащая на переносьѣ посрединѣ обоихъ глазъ. Въ самомъ дѣлѣ, смотря двумя глазами, мы не чувствуемъ, что у насъ два глаза — намъ кажется, какъ будто мы смотримъ однимъ, лежащимъ посерединѣ между обоими; и въ основѣ этого зрительнаго обмана лежитъ то обстоятельство, что тѣ части окружающаго насъ пространства, которыя разсматриваются и видятся человѣкомъ, даютъ образы на желтыхъ пятнахъ, сливаю-

щіеся воедино и стоящіе прямо передъ воображаемымъ одиночнымъ глазомъ.

Такимъ образомъ, локализація точекъ abc въ плоскости, при смотрѣніи двумя глазами, опредѣляется въ дѣйствительности для каждой изъ нихъ положеніемъ двухъ зрительныхъ осей, aM и aN, bM и bN, cM и cN; а въ чувствованіи прямыми aC, bC и cC отъ видимыхъ точекъ къ центру C воображаемаго циклопическаго глаза.

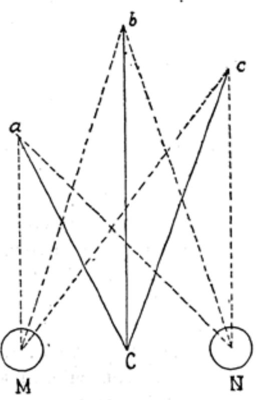


Рис. 84.

Какимъ же, однако, образомъ вытекаетъ для сознанія изъ положенія зрительныхъ осей расположеніе точекъ, въ которыхъ оси эти сходятся?

Такимъ же образомъ, какъ человѣкъ съ закрытыми глазами чувствуетъ по положенію своей руки относительно туловища, какъ лежитъ относительно его головы кисть этой самой руки, т. е. выше или ниже головы, вправо или влѣво отъ нея и пр. Привыкнувъ всю жизнь переводить при смотрѣніи оси зрѣнія обоихъ глазъ съ одной точки на другую и относить послѣднія въ пространствѣ по направленію ли-

ній Ca, Cb и пр., человѣкъ выучивается связывать съ чувствуемымъ передвиженіемъ обоихъ глазъ то направленіе, въ которомъ лежатъ относительно его тѣла предметы. Связь между движеніемъ глаза и перемѣщеніемъ образа въ томъ же направленіи доказывается слѣдующимъ простымъ опытомъ. Въ темной комнатѣ горитъ одна свѣча; человѣкъ, закрывъ одинъ глазъ, другой устремляетъ на свѣчу, смотритъ на нея не болѣе полусекунды, затѣмъ быстро закрываетъ глазъ и прикрываетъ его еще рукою. Тогда въ темномъ полѣ зрѣнія рисуется свѣтлый образъ свѣчки, т. е. получается положительный слѣдъ. Стоитъ тогда человѣку (оставляя оба глаза закрытыми!) мысленно поднять глаза кверху, опустить внизъ, или смотрѣть направо, и слѣдъ свѣчки явственно передвигается вверхъ, внизъ и вправо, т. е. въ ту сторону, куда перемѣщается глазъ.

Пока не было доказано, что расположеніе видимыхъ предметовъ въ пространствѣ узнается изъ положенія перемѣщаемыхъ съ точки на точку зрительныхъ осей, много толковъ возбуждалъ вопросъ, отчего мы видимъ предметы въ прямомъ видѣ, несмотря на то, что они рисуются на сѣт-

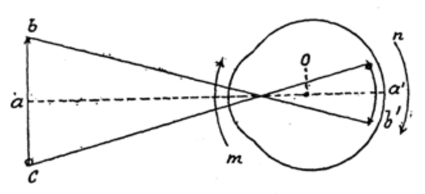


Рис. 85.

чаткѣ въ обратномъ. Теперь это объясняется очень просто. Когда человѣкъ смотритъ на середину (a) стоящаго передъ нимъ предмета, то образъ средней точки падаетъ въ (a') центръ желтаго пятна. Если затѣмъ онъ хочетъ видѣть

ясно точку b кверху отъ a, то нужно поставить глазъ относительно послѣдней такъ, чтобы центръ желтаго пятна перешелъ изъ a′ въ b′. Для этого человѣкъ принужденъ поднять глазъ кверху, т. е. вращать глазное яблоко около центра o такимъ образомъ, чтобы передняя половина глаза двигалась вверхъ по направленію стрѣлки m, а задняя внизъ по стрѣлкѣ n. Изъ этихъ перемѣщеній мы видимъ только переднее, и такъ какъ оно идетъ отъ ногъ къ головѣ, то мы и чувствуемъ, что точка b лежитъ относительно a какъ голова относительно ногъ.

Локализація разсматриваемыхъ предметовъ вглубь или видѣніе удаленія предметовъ. Если буквы abcde въ прилагаемомъ рисункѣ обозначаютъ точки пространства, лежащія въ разныхъ удаленіяхъ отъ глазъ A и B, то при послѣдователь-

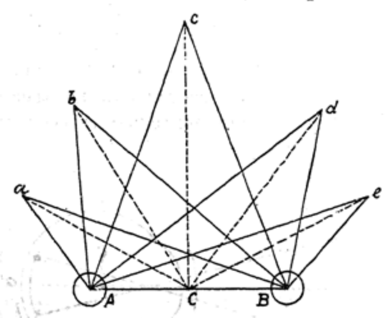


Рис. 86.

номъ разсматриваніи ихъ, глаза получаютъ два впечатлѣнія разомъ: чувствуютъ направленіе, въ которомъ эти точки лежатъ относительно воображаемаго циклопическаго глаза C и удаленіе ихъ отъ него—чувствуютъ непосредственно, что b лежитъ дальше чѣмъ a, c дальше чѣмъ b и т. д. Условія чувствованія направленій намъ уже извѣстны—они опредѣляются линіями aC, bC, cC и т. д. Но въ

чемъ заключаются условія видѣнія удаленій предметовъ? Опытъ показываетъ, что главнымъ условіемъ служатъ здѣсь степени поворотовъ глазъ навстрѣчу другъ другу, какъ будто мы чувствуемъ для точки a углы aAB и aBA, для точки b углы bAB и bBA и пр. Выясняетъ это всего лучше способъ, употребляемый топографами при съемкѣ на планѣ мѣстности. Съ этой цѣлью они выбираютъ возвышенное мѣсто, откуда были бы видны точки abcde, напр. церковь, домъ, дерево, мостъ черезъ рѣчку и пр., и пробиваютъ на этомъ мѣстѣ прямую линію AB, длина которой должна быть измѣрена. Затѣмъ для опредѣленія точки a ставятъ упомянутый инструментъ сначала въ точку A и опредѣляютъ здѣсь уголъ aAB, потомъ переносятъ его въ B и опредѣляютъ уголъ aBA. Легко понять, что, если длина aB извѣстна (напр. 25 саж.) и измѣрены въ градусахъ оба названные угла (напр. aAB=105°; a aBA=35°), то по этимъ даннымъ легко начертить на бумагѣ въ уменьшенномъ размѣрѣ треугольникъ AaB, подобный дѣйствительному. Въ немъ всѣ три стороны и линія aC будутъ во столько разъ меньше дѣйствительныхъ, во сколько разъ линія AB на бумагѣ меньше дѣйствительной. Такъ, если AB взята на бумагѣ въ вершокъ, а ac вышла равной 1,2 вершка, то истинное удаленіе a отъ C, т. длина aC, будетъ 1,2+1200 вершковъ. Продѣлавъ тоже самое поочередно надъ точками bcde, получимъ на планѣ ихъ расположеніе въ пространствѣ и дѣйствительное удаленіе ихъ, какъ другъ отъ друга, такъ и отъ точки C. Такую же въ сущности съемку (но, конечно менѣе вѣрную) дѣлаютъ глаза и при послѣдовательномъ разсматриваніи точекъ a, b, c.., при этомъ AB соотвѣтствуетъ прямая линія, соединяющая центры обоихъ глазъ, а прямыя Aa и Ba, Ab и Bb и пр. — зрительнымъ осямъ обоихъ глазъ при поочередномъ смотрѣніи на точки a, b, c... Изъ тождества пріемовъ инструментальной и глазомѣрной съемки и выходитъ, что

въ актахъ видѣнія вглубь, т. е. удаленія предметовъ, глаза наши играютъ роль угломѣрныхъ инструментовъ.

Съ этой точки зрѣнія становится вполнѣ понятнымъ, почему мы несравненно точнѣе опредѣляемъ удаленіе отъ насъ предметовъ, смотря на нихъ не однимъ, а двумя глазами. Въ послѣднемъ же убѣдиться очень легко—стоитъ только поставить себѣ задачей попасть пальцемъ при быстромъ движеніи руки въ удаленный отъ насъ предметъ, смотря на него однимъ или двумя глазами. Въ послѣднемъ случаѣ мы попадаемъ безъ промоха, а въ первомъ часто ошибаемся. Однако и при смотрѣніи однимъ глазомъ мы всетаки различаемъ разныя степени удаленія предметовъ. Здѣсь орудіемъ различенія служитъ различная степень аккомодаціи глаза къ разстояніямъ: большая степень аккомодаціи соотвѣтствуетъ ближайшему положенію и наоборотъ.

Видѣніе величины. Положимъ, что прямо передъ глазами, въ одномъ и томъ же направленіи, стоятъ предметы разной величины (a, b, c) такимъ образомъ, что уголъ зрѣнія (MON

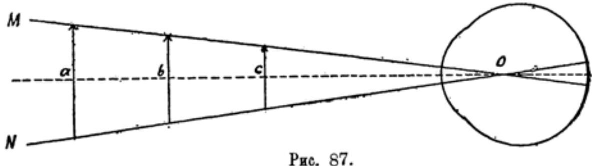


Рис. 87.

для всѣхъ общій. Тогда и образы ихъ на сѣтчаткѣ будутъ всѣ равны между собою; а между тѣмъ человѣкъ непосредственно будетъ сознавать, что самый отдаленный изъ предметовъ есть въ то же время самый большой, и наоборотъ. Происходитъ это оттого, что при актѣ видѣнія каждаго изъ трехъ предметовъ къ общей для всѣхъ величинѣ угла зрѣнія присоединяется разныя степени приспобленія глаза—къ ближайшему предмету самая сильная, къ дальнѣйшему самая слабая. Въ жизни человѣка такая исторія повторяется милліоны разъ, и въ головѣ его укрѣпляется

слѣдующій рядъ зрительно-мышечныхъ ассоціацій: данная величина угла зрѣнія + усиливающая аккомодація = уменьшенію предмета; та же величина угла зрѣнія + уменьшающаяся аккомодація = увеличенію предметовъ. Въ справедливости этого убѣждаетъ слѣдующій простой опытъ: на листѣ бѣлой бумаги дѣлаютъ черную точку, величиной въ булавочную головку и попеременно смотрятъ однимъ глазомъ (другой закрытъ), то на нее, съ разстоянія напр. полуаршина, то на кончикъ пера, лежащій въ томъ же направленіи, но значительно ближе къ глазу. При послѣднемъ условіи образъ точки явственно уменьшается, въ доказательство того, что при неизмѣнной величины угла зрѣнія, или, что тоже, образа на сѣтчаткѣ, болѣе слабой аккомодаціи соотвѣтствуетъ большей величины предметъ, и наоборотъ.

Если же мы смотримъ на предметы не однимъ, а двумя глазами, то при неизмѣнной величинѣ ихъ образа на сѣтчаткѣ кажущаяся величина опредѣляется, помимо разныхъ степеней аккомодаціи, различными степенями сведенія зрительныхъ осей; именно большему сведенію ихъ соотвѣтствуютъ предметы меньшей величины, и наоборотъ, Доказывается это слѣдующимъ образомъ. На лентѣ бумаги, длиною въ четверть, шириною въ вершокъ, рисуютъ двѣ

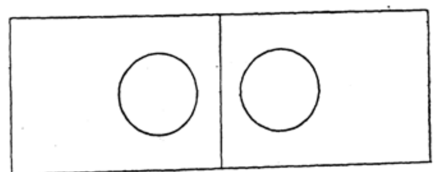


Рис. 88.

какія-нибудь одинаковыя фигуры, напр. два круга, и, разрѣзавъ ленту между кругами пополамъ, вводятъ обѣ половинки на встрѣчу другъ къ другу въ стереоскопъ, съ тѣмъ,

чтобы при смотрѣніи въ послѣдній обѣ фигуры слились въ одну. Лишь только это достигнуто, обѣ половинки начинаютъ крайне медленно раздвигать, продолжая упорно смотрѣть въ стереоскопъ. При нѣкоторомъ навыкѣ, сліяніе образовъ удается сохранить и во время раздвиганія кружковъ; но при этомъ всегда кажется, что слившійся воедино образъ становится при раздвиганіи больше. Дѣло въ томъ, что вмѣстѣ съ раздвиганіемъ кружковъ уменьшается степень сведенія устремленныхъ на нихъ зрительныхъ осей, а образы ихъ на сѣтчаткахъ остаются неизмѣнными.

Видѣніе тѣлесности формъ. Изобрѣтателю стереоскопа, **Уитстону**, принадлежитъ заслуга открытія основнаго условія видѣнія тѣлесности формъ. Выходя изъ мысли, что перспективныя изображенія всякаго тѣлеснаго предмета, лежащаго передъ глазами, должны быть различны на сѣтчаткахъ обоихъ глазъ (для праваго глаза бываетъ всегда болѣе открыта правая сторона предмета, а для лѣваго— лѣвая), онъ устроилъ слѣдующій опытъ: отъ одного и того же предмета были приготовлены два перспективныхъ рисунка въ такой формѣ, въ какой данный предметъ долженъ рисоваться на сѣтчаткахъ смотрящихъ на него глазъ; и затѣмъ каждый изъ рисунковъ былъ помѣщенъ передъ соотвѣтствующимъ глазомъ такимъ образомъ, чтобы правый глазъ видѣлъ только правый рисунокъ, а лѣвый — лѣвый. При условіи, когда соотвѣтственныя точки рисунковъ падали на желтыя пятна обѣихъ сѣтчатокъ, рисунки сливались въ одинъ общій поразительно рельефный образъ, какъ бы выступающій изъ плоскости бумаги и лежащій посрединѣ между обоими рисунками. Позднѣе **Брьюстеръ** упростилъ устройство стереоскопа до его теперешней общеизвѣстной формы. Существенную сторону этого упрощеннаго инструмента составляютъ: стекла aa, черезъ которыя смотрятъ, и перегородка b. Стеклами служатъ для половинки разрѣзанной пополамъ двояковыпуклой чечевицы, дающія возмож-

ность смотрѣть въ стереоскопъ сведенчыми осями зрѣнія и получать тѣмъ не менѣе образы отъ соотвѣтственныхъ частей рисунковъ на желтыхъ пятнахъ обоихъ глазъ. На фигурѣ обозначенъ ходъ лучей изъ точекъ m и m въ глаза;

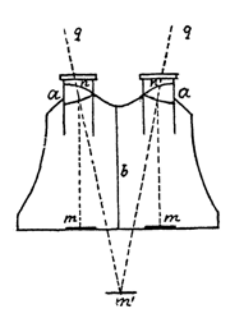
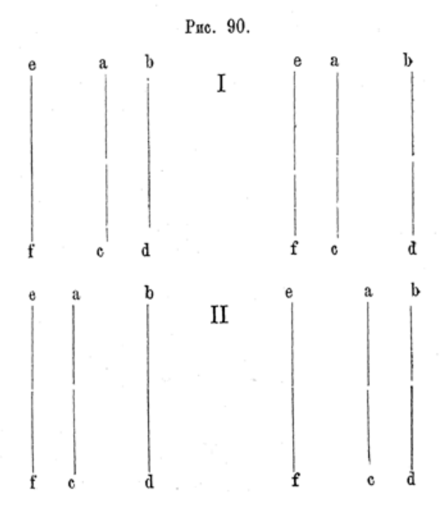


Рис. 89.

по преломленіи въ чечевицахъ они становятся расходящимися (nq и nq), и если зрительныя оси идутъ по направленію послѣднихъ линій, то образы точекъ mm падаютъ на середины желтыхъ пятенъ, сливаются воедино и выносятся (объективируются) въ точку m'. Что касается до перегородки b, то цѣль ея — закрывать лѣвый рисунокъ отъ праваго глаза, а правый отъ лѣваго.

Убѣдиться въ томъ, что въ основѣ тѣлеснаго (рельефнаго) видѣнія формы лежитъ перспективность образовъ на сѣтчаткахъ очень легко изъ разсматриванія подъ стереоскопомъ приложенныхъ двухъ чертежей I и II.

Рис. 90.

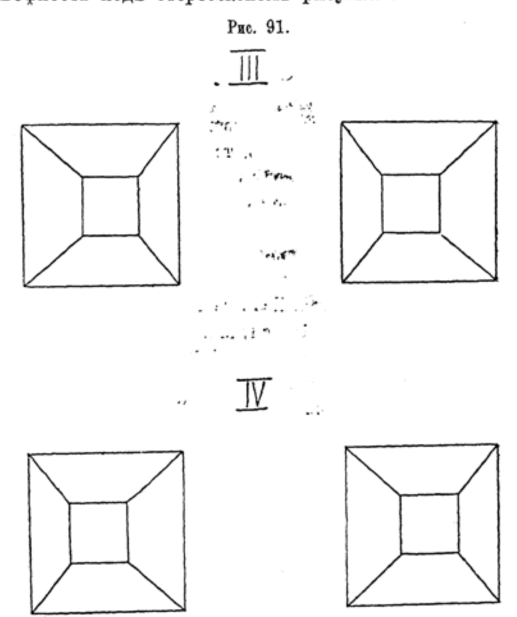


При сліяніи образовъ, въ первомъ случаѣ средняя линія ac кажется выступающей изъ плоскости бумаги навстрѣчу глазамъ, а во второмъ, наоборотъ, выступающей вглубь отъ глазъ; и объясняется это слѣдующимъ образомъ. Если поставить прямо передъ глазами стоймя полуразвернутую книгу корешкомъ къ глазамъ, то для праваго глаза будетъ болѣе открыта правая половина переплета, а для лѣваго глаза—лѣвая. Это перспективное отношеніе и выражено на первомъ рисункѣ, гдѣ линія ac соотвѣтствуетъ корешку книги abcd плоскости правой, acfe плоскости лѣвой крышки. Понятно, что ac (корешокъ) долженъ видѣться стоящимъ къ намъ ближе, чѣмъ края переплета bd и ef. Рис. II представляетъ туже полуразвернутую книгу стоймя, но обращенную къ глазамъ печатными страницами. Здѣсь ac соотвѣтствуетъ линіи схожденія стра-

ницъ, и она удалена отъ глазъ дальше, чѣмъ свободные края послѣднихъ (bd и ef).

Такимъ же образомъ объясняется противуположная рельефность подъ стереоскопомъ рисунковъ III и IV. Въ

Рис. 91.



первомъ изъ нихъ маленькая квадратная площадка кажется выступающей изъ плоскости бумаги навстрѣчу глазамъ, а во второмъ, наоборотъ, выступающей вглубь отъ глазъ. Поэтому въ первомъ случаѣ получается образъ стоящей на бумагѣ усѣченной четырегранной пирамиды; а во второмъ— образъ четыреграннаго пирамидальнаго углубленія. Нечего

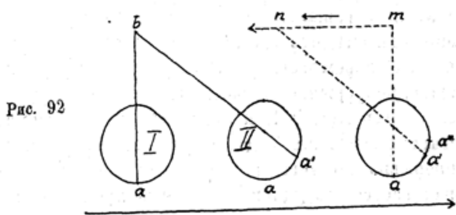
и говорить, что стереоскопическая рельефность, какъ чувствованіе, столько же необъяснима, какъ видѣніе свѣта, слышаніе звука и пр.—стереоскопъ важенъ, какъ физическій инструментъ, при посредствѣ котораго удалось найти физическое условіе, лежащее въ основѣ тѣлеснаго видѣнія.

Послѣдній пунктъ въ ученіи о пространственномъ зрѣніи составляютъ факты различенія глазомъ покоя и движенія окружающихъ насъ предметовъ. Неподвижность ихъ мы умѣемъ распознавать чувствомъ (не разсужденіемъ [1]), находясь сами какъ въ покоѣ, такъ и въ движеніи, т. е, безъ перемѣщенія и съ перемѣщеніемъ собственнаго тѣла въ пространствѣ. Въ первомъ случаѣ картина неподвижныхъ предметовъ даетъ на сѣтчаткѣ картину неперемѣщающихся образовъ, которой соотвѣтствуетъ въ нашемъ чувствованіи неизмѣнное положеніе въ пространствѣ соотвѣтственныхъ предметовъ. Если же человѣкъ перемѣщается, то здѣсь могутъ быть два случая: когда онъ двигается, такъ сказать, на встрѣчу лежащей передъ его глазами картинѣ, или когда передвигается мимо нея (наприм. при ѣздѣ въ вагонѣ желѣзной дороги). Двигаясь навстрѣчу картинѣ, человѣкъ фиксируетъ всегда точку ея, лежащую въ направленіи его движенія (точку прямо передъ собою), и она составляетъ, такъ сказать, центральный пунктъ всей картины, около котораго группируются всѣ прочія детали послѣдней. Если предметы неподвижны, то и теперь они даютъ на сѣтчаткѣ картину неперемѣщающихся образовъ; слѣдовательно, условія различенія покоя и здѣсь тѣже, что при покоѣ тѣла. Во второмъ же случаѣ, т. е. при перемѣщеніи мимо картины, вся она цѣликомъ даетъ скользящій образъ на сѣтчаткѣ, и чѣмъ ближе стоитъ къ глазамъ отдѣльный предметъ, тѣмъ быстрѣе скользитъ по ней его

[1]) Т. е. независимо отъ знанія, что такой-то предметъ не можетъ двигаться.

образъ. Всякій ѣзжавшій по желѣзной дорогѣ знаетъ это, конечно, изъ собственнаго опыта, и всякій могъ убѣдиться что и съ поѣзда человѣкъ умѣетъ смотрѣть на неподвижные отдаленные предметы такъ, что они кажутся ему неподвижными. Дѣло въ томъ, что тогда глаза смотрящаго на отдаленный предметъ человѣка не остаются въ покоѣ, а передвигаются такъ (въ сторону движенію поѣзда), чтобы образъ не оставался на желтомъ пятнѣ. Понятно, что этимъ устраняется скольженіе по сѣтчаткѣ образовъ какъ разсматриваемаго предмета, такъ и сосѣднихъ съ нимъ одинаково удаленныхъ. Если при этомъ въ картинѣ не замѣчается перемѣщеній, то предметы чувствуются. какъ неподвижные. Послѣ этого уже понятно, почему съ поѣзда желѣзной дороги мелькающіе передъ глазами близкіе неподвижные предметы кажутся наоборотъ движущимися — мы не успѣваемъ настолько быстро измѣнять положеніе зрительныхъ осей, чтобъ сохранять образы ихъ на желтыхъ пятнахъ, и тогда даетъ себя чувствовать скольженіе ихъ по сѣтчаткѣ. Если b есть мелькающій передъ глазами предметъ, и поѣздъ идетъ въ направленіи нижней стрѣлки, то, при переходѣ глаза изъ I въ положеніе II, образъ предмета b на его сѣт-

Рис. 92



чаткѣ постепенно перемѣщается отъ a къ a'. Но изъ a образъ выносится наружу (объективируется) въ точку m, а изъ a' въ точку n; слѣдовательно мельканіе предмета должно происходить въ направленіи отъ m къ n, т. е. въ сторону, обратную движенію поѣзда.

Движенiе окружающихъ насъ предметовъ, при покоѣ собственнаго тѣла, мы распознаемъ на два лада: изъ скольженiя образовъ по сѣтчаткѣ или изъ передвиженiя глазъ, когда мы *слѣдимъ* ими за движущимся предметомъ. Выше мы однако видѣли, что скользящiе образы на сѣтчаткѣ могутъ давать и неподвижные предметы, когда перемѣщается мимо нихъ наше тѣло; слѣдовательно для различенiя движенiя одного скольженiя образовъ еще недостаточно—нужно, чтобы человѣкъ чувствовалъ въ тоже время неподвижность собственнаго тѣла. Въ этомъ убѣждаетъ насъ извѣстный всякому случай зрительнаго обмана на желѣзно-дорожныхъ поѣздахъ. Если два поѣзда стоятъ на станцiи рядомъ, и одинъ изъ нихъ безъ шума начинаетъ медленно двигаться, то пассажиру того и другого поѣзда бываетъ трудно различить, двигаются ли сосѣднiе вагоны, или поѣздъ, на которомъ онъ сидитъ. Дѣло въ томъ, что онъ не чувствуетъ, перемѣщается ли его тѣло въ пространствѣ, или нѣтъ. Этимъ же объясняется неотразимый зрительный обманъ передвиженiя вокругъ насъ солнца.

Однако скольженiе образовъ по сѣтчаткѣ составляетъ обыкновенно для человѣка лишь намекъ на движенiе предметовъ. Если оно обращаетъ на себя его вниманiе, то человѣкъ начинаетъ слѣдить глазами за передвигающимся предметомъ, т. е. перемѣщать вслѣдъ за ними сведенныя и, такъ сказать, непрерывно упирающiяся въ предметы зрительныя оси своихъ глазъ. При этомъ отъ воображаемаго циклопическаго глаза какъ будто протягивается къ предмету и непрерывно до него дотрогивается щупало, которое то укорачивается, то удлиняется, когда предметъ приближается къ глазамъ или удаляется отъ нихъ, то поднимается вмѣстѣ съ предметомъ вверхъ, внизъ, вправо и влѣво, слѣдуя за всѣми его движенiями, не только по направленiю, но и по скорости. Словомъ, глаза продѣлываютъ въ непрерывной послѣдовательности и съ различными ско-

ростями весь тотъ рядъ движеній, при посредствѣ которыхъ человѣкъ распознаетъ положеніе предметовъ въ пространствѣ. Сопровождающее такія передвиженія глазъ мышечное чувство даетъ нашему сознанію не только угломѣрные знаки, изъ которыхъ узнается направленіе перемѣщенія предмета, но также знаки его скорости. Кто не знаетъ изъ собственнаго опыта, что съ закрытыми глазами мы очень тонко чувствуемъ различныя скорости перемѣщенія собственной руки, а вѣдь орудіемъ такого различенія, очевидно, могутъ быть только ощущенія, сопровождающія движенія нашихъ членовъ. Мышечное сокращеніе есть актъ, тянущійся во времени, и мы его чувствуемъ такимъ, слѣдовательно, умѣемъ различать медленное сокращеніе отъ быстраго, другими словами, въ мышечномъ чувствѣ включено непосредственно чувствованіе времени. Этимъ свойствомъ надѣлены двигатели глаза и, благодаря ему, человѣкъ чувствуетъ зрительно не только направленіе движенія (путь движенія), но также скорость перемѣщенія.

Итакъ, мы видимъ, какую огромную роль играетъ въ зрѣніи подвижность зрительнаго аппарата съ сопровождающимъ его движенія мышечнымъ чувствомъ. Всякій взрослый человѣкъ знаетъ однако изъ ежедневнаго опыта, что въ лежащемъ передъ его глазами сложномъ предметѣ, если только образъ послѣдняго не заходитъ за предѣлы желтаго пятна, онъ видитъ сразу, не передвигая глазъ, контуръ и относительное расположеніе частей. Что же это значитъ, какъ помирить такое умѣнье видѣть со всѣмъ, что было сказано выше? У ребенка, только что выучившагося сводить зрительныя оси, поле зрѣнія должно имѣть форму плоскости, еще не отдѣлившейся отъ тѣла, но уже представляющей въ извращенномъ видѣ болѣе или менѣе близкій отпечатокъ соотвѣтствующаго образа на сѣтчаткѣ. Если бы,

при дальнѣйшемъ развитіи ребенка, его зрительные акты не сопровождались движеніями глазъ и головы — движеніями разсматриванія,—то онъ никогда не выучился бы различать въ зрительной картинѣ взаимнаго расположенія частей; потому видѣніе правой и лѣвой, верхней и нижней части картины не сопровождалось бы различительными реакціями со стороны зрительнаго аппарата. При помощи же движеній разсматриванія, онъ получаетъ для каждаго движенія глазъ—вверхъ, внизъ, вправо, влѣво и во всѣ промежуточные, между ними—отдѣльные, т. е. различные (и для даннаго движенія всегда одни и тѣ же) чувственные знаки, которыми и руководствуется, когда различаетъ верхъ отъ низа, правое отъ лѣваго и т. д. Разъ такое умѣнье смотрѣть пріобрѣтено — а это значитъ не только умѣнье согласовать движенія обоихъ глазъ съ цѣлью яснаго видѣнія, но также заученіе сопровождающихъ ихъ показаній мышечнаго чувства,—человѣкъ уже чувствуетъ прямо относительное расположеніе частей въ стоящемъ передъ нимъ образѣ, потому что топографія частей была милліоны разъ провѣрена движеніями. Но на этой ступени видѣнія человѣкъ рѣдко останавливается; желая видѣть точно, онъ всегда прибѣгаетъ къ провѣркѣ первоначальнаго впечатлѣнія движеніями глазъ. Въ общежитіи это называется пристальнымъ разсматриваніемъ. Тогда человѣкъ не только видитъ расположеніе частей, но и измѣряетъ ихъ разстоянія другъ отъ друга. Умѣнье послѣдняго рода называютъ глазомѣромъ.

Осязаніе какъ чувство, соотвѣтствующее зрѣнію.

Изъ кожи человѣкъ получаетъ три категоріи ощущеній: боль, чувство тепла и холода, и осязательныя ощущенія. Всѣ они служатъ тѣлу тѣмъ, что защищаютъ его поверхность отъ разрушительныхъ вліяній. Но изъ нихъ одно только осязательное чувство оказываетъ много другихъ услугъ, будучи развито у человѣка до степени органа, во

многихъ отношеніяхъ сходнаго съ органомъ зрѣнія. Слѣпые умѣютъ, какъ извѣстно, опредѣлять ощупью фигуры предметовъ—узнаютъ, ощупывая голову и лицо, знакомыхъ людей, знаютъ привычное расположеніе предметовъ въ знакомыхъ мѣстахъ, и потому ходятъ по улицамъ знакомаго города; выучиваются читать (по нарочно изготовленнымъ для нихъ выпуклымъ буквамъ), писать, играть на музыкальныхъ инструментахъ и производить множество ручныхъ работъ, не требующихъ значительныхъ перемѣщеній собственнаго тѣла въ пространствѣ. Словомъ, рука, ощупывающая внѣшніе предметы, даетъ слѣпому все, что даетъ намъ глазъ, за исключеніемъ окрашенности предметовъ и чувствованія вдаль, за предѣлы длины руки. Про такихъ слѣпыхъ говорятъ обыкновенно, что у нихъ, не въ примѣръ зрячимъ, нужда развила чувство осязанія. Это, конечно, справедливо, но отсюда не слѣдуетъ, чтобы этотъ самый органъ у зрячаго отсутствовалъ. Множество привычныхъ работъ, заученныхъ зрячимъ подъ контролемъ глазъ, онъ можетъ производить и безъ ихъ участія. Такъ, женщины вяжутъ чулки, читая книгу; выученную наизусть пьесу фортепьянистъ можетъ съиграть въ совершенной темнотѣ; писать съ закрытыми глазами не труднѣе, чѣмъ съ открытыми, потому что при писаніи глаза контролируютъ собственно правильность строки, а не каждую букву въ отдѣльности. Нѣтъ сомнѣнія, что во всѣхъ вообще привычныхъ ручныхъ производствахъ зрительный надзоръ за рабочими движеніями дѣйствуетъ не непрерывно, потому что, при крайней утомительности зрительнаго вниманія, непрерывное участіе его въ ручныхъ производствахъ дѣлало бы продолжительное занятіе ими крайне затруднительнымъ. Но, какъ только глазъ перестаетъ слѣдить за работой, движенія остаются подъ единственнымъ контролемъ осязательно-мышечнаго чувства въ самой рукѣ, связаннаго съ рабочими движеніями. Въ отношеніе послѣд-

нихъ чувствъ это играетъ ту же роль, что кожная чувствительность и мышечное чувство ноги при ходьбѣ. Ходьба или заученный танецъ для ногъ есть тоже, что любой заученный рядъ рабочихъ движенiй для рукъ.

Итакъ, органомъ осязанiя, соотвѣтствующимъ подвижнымъ во всѣхъ направленiяхъ глазамъ, служатъ человѣку подвижныя во всѣхъ тѣхъ же направленiяхъ (вверхъ, внизъ, вправо, влѣво и во всѣхъ промежуточныхъ между ними) руки. Осязающую поверхность, эквивалентную сѣтчаткамъ, представляютъ въ нихъ ладони ручныхъ кистей; а вся рука цѣликомъ, съ ея подвижностью во всѣхъ сочлененiяхъ, служитъ аппаратомъ, перемѣщающимъ осязательную поверхность ладони въ пространствѣ и играющимъ, какъ увидимъ ниже, часто ту же роль въ актахъ пространственнаго осязанiя, что зрительныя оси глазъ. Существенную разницу въ управленiи движенiями глазъ и рукъ составляетъ лишь то обстоятельство, что нормально у человѣка оба глаза работаютъ совмѣстно, а руки могутъ двигаться и вмѣстѣ, и порознь, притомъ при совмѣстной работѣ движенiя ихъ могутъ происходить другъ относительно друга въ несравненно болѣе разнообразныхъ направленiяхъ, чѣмъ глаза. Можно даже сказать, что у нормальнаго человѣка (не лѣвши) преимущественнымъ орудiемъ осязанiя служитъ правая рука.

Какъ же устроена осязательная поверхность ладони?

Подобно сѣтчаткѣ, она представляетъ мозаику элементовъ и тоже съ неравномѣрнымъ распредѣленiемъ ихъ по чувствующей поверхности. Всего гуще они сидятъ на концахъ пальцевъ (съ ладонной поверхности), гдѣ число элементовъ доходитъ до 20 на 1 кв. миллиметръ. Соотвѣтственно этому, тѣ же самыя мѣста пальцевъ оказываются при пробахъ раздвинутыми ножками циркуля (см. выше введенiе въ органы чувствъ) наиболѣе чувствительными въ дѣлѣ различенiя двухъ сосѣднихъ точечныхъ влiянiй

на кожу. По этой же причинѣ человѣкъ чувствуетъ мелкую шероховатость предметовъ только концами пальцевъ, и ими же слѣпой ощупываетъ выпуклыя буквы при чтеніи. Значитъ, эти части ладонной поверхности соотвѣтствуютъ желтымъ пятнамъ сѣтчатокъ.

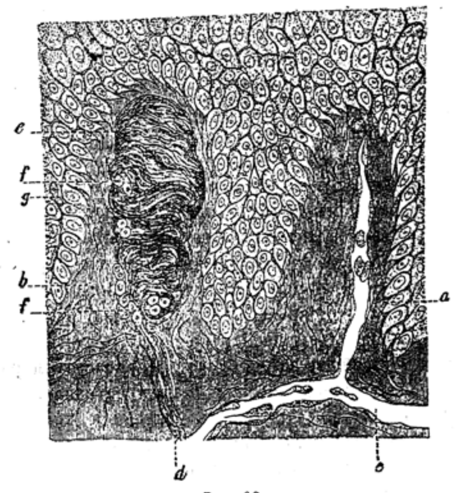


Рис. 93.

a и b осязательные сосочки; c кровеносный сосудъ; d нервное волокно, идущее къ осязательному тѣльцу; e осязательное тѣльце; f поперечно-разрѣзанныя нервныя волокна; g клѣтки мальпигіева слизистаго слоя (по Biesiadeck'y)

Элементомъ, воспринимающимъ точечно осязательныя вліяній, считаются *Мейсснеровскія тѣльца*. Такъ какъ осязательное чувство вызывается легкимъ давленіемъ на кожу, а давленіе способно возбуждать нервы прямо, то этимъ тѣльцамъ достаточно приписывать одну лишь чувствитель-

ность къ механическимъ потрясеніямъ; и мы видимъ въ самомъ дѣлѣ, что кожа чувствуетъ, въ видѣ легкаго зуда, даже такія слабыя потрясенія, какъ звуковыя колебанія (если напр. приложить къ кожѣ ножку звучащаго камертона).

Аналогія между ладонной поверхностью ручной кисти и сѣтчаткой сказывается далѣе въ томъ, что впечатлѣніе и тамъ и здѣсь объективируется, т. е. чувствуется не какъ перемѣна, происшедшая въ состояніи нашего тѣла, а какъ нѣчто внѣшнее, соприкасающееся съ чувствующей поверхностью. Когда мы прикасаемся наприм. ладонью руки къ собственной ногѣ, то слѣдовало бы думать, что мы должны получить два впечатлѣнія разомъ—чувствовать ногою приложенную руку, а рукой ощупываемое мѣсто ноги; а между тѣмъ мы чувствуемъ обыкновенно лишь послѣднее, и при этомъ ощупываемое мѣсто ноги кажется намъ постороннимъ предметомъ, особенно, если чувствуется его форма (напр. выпуклость). Если далѣе мы будемъ двигать навстрѣчу другъ другу до соприкосновенія съ одной стороны напр. указательный палецъ правой руки, а съ другой поочередно всѣ пальцы лѣвой, то здѣсь будутъ соприкасаться равно—значные осязательные участки безъ чувствованія формы; поэтому въ сознаніи не будетъ ощущенія постороннихъ тѣлъ — получатся лишь качественно (слѣдовательно субъективно!) различныя ощущенія отъ разныхъ пальцевъ. Если наконецъ указательный палецъ правой руки двигать навстрѣчу неподвижному указательному же пальцу лѣвой, то при соприкосновеніи ихъ концовъ (особенно, если движенія праваго пальца повторяются нѣсколько разъ), лѣвый палецъ кажется постороннимъ предметомъ. Въ этомъ случаѣ правый палецъ играетъ роль щупала, а лѣвый — ощупываемаго предмета; во второмъ примѣрѣ роли эти не раздѣлены между пальцами правой и лѣвой руки, потому обѣ одинаково двигаются; а въ первомъ примѣрѣ ощущеніе ноги рукою заглушаетъ противуположное уже по той при-

чинѣ, что кожа ноги различаетъ формы предметовъ очень тупо, а ладонь руки наоборотъ.

Отсюда уже ясно видно что

основными условіями пространственнаго осязанія служатъ, какъ въ зрѣніи, *способность чувствующаго снаряда выносить впечатлѣнія наружу и способность чувствовать производимыя имъ при этомъ движенія ощупыванія* (соотвѣтствующія актамъ разсматриванія!)

Чтобъ не повторяться, описывая отдѣльно акты опредѣленія осязаніемъ контуровъ, величины и распредѣленія предметовъ въ плоскости и пространствѣ, я сразу опишу общую всѣмъ этимъ опредѣленіямъ картину дѣйствія осязающаго снаряда.

Выше, когда рѣчь шла о зрительной локализаціи неподвижныхъ предметовъ въ плоскости и пространствѣ, было сказано, что опредѣлителемъ во всѣхъ этихъ случаяхъ является чувствуемое нами положеніе (относительно нашего тѣла) и длина прямой линіи, идущей отъ центра воображаемаго циклопическаго глаза къ разсматриваемой въ данный моментъ точкѣ. Когда же говорилось о слѣженіе глазами за двигающимся предметомъ, эта прямая была уподоблена длинному щупалу, непрерывно протягивающемуся отъ циклопическаго глаза къ предмету, то сокращающемуся, то удлинняющемуся по мѣрѣ приближенія или удаленія предмета, то передвигающемуся вслѣдъ за нимъ вверхъ, внизъ и въ стороны. Такой образъ зрительной оси циклопическаго глаза имѣлъ тогда фигуральное значеніе; а, при локализаціи предметовъ въ плоскости и пространствѣ осязаніемъ, дѣйствующая рука дѣйствительно представляетъ выщупало, протянутое отъ нашего тѣла къ предмету, то вытягивающееся во всю длину рукъ, то укорачивающееся почти до соприкосновенія съ тѣломъ наблюдателя, передвигающееся вверхъ, внизъ и въ стороны, ради опредѣленія относительнаго положенія частей осязаемаго пред-

мета. Словомъ, идетъ ли рѣчь о контурахъ и величинѣ или объ удаленіи и относительномъ расположеніи предметовъ, двигательныя реакціи глазъ при смотрѣніи и рукъ при ощупываніи совершенно равнозначны по смыслу: — и тамъ и здѣсь опредѣлителемъ являются показанія мышечнаго чувства, сопровождающія двигательныя реакціи воспріятія впечатлѣній. Разница между зрительными и осязательными актами для всѣхъ этихъ случаевъ заключается въ слѣдующихъ трехъ преимуществахъ зрѣнія надъ осязаніемъ: рука не чувствуетъ красокъ и тѣней; сфера ея чувствованія вглубь ограничена длиною руки (а для глазъ она идетъ въ безконечность); при ощупываніи передъ рукою не стоитъ непрерывно, какъ передъ глазами, ощупываемый образъ—она его чувствуетъ послѣдовательно по частямъ, и уже память сочетаетъ отдѣльныя моменты чувствованія другъ съ другомъ въ цѣлое. Но зато рука чувствуетъ плотность тѣла, его гладкость, шероховатость и степень нагрѣтости.

Тѣлесную форму предметовъ руки опредѣляютъ иначе, чѣмъ глаза, и опредѣляютъ ее полнѣе, благодаря тому, что ладони рукъ мы можемъ прикладывать къ боковымъ поверхностямъ предметовъ, всегда болѣе или менѣе скрытымъ отъ глазъ, и къ заднимъ, которыя глазамъ уже совершенно недоступны. Руками мы ощупываемъ предметъ со всѣхъ сторонъ, и въ этихъ опредѣленіяхъ очень большую роль играетъ разнообразное измѣненіе формы ладонной поверхности, дающее возможность чувствовать углы, выпуклости, углубленія и пр.

Органъ слуха.

Изъ всѣхъ органовъ чувствъ, слухъ даетъ намъ наибольшее разнообразіе впечатлѣній. Въ лексиконѣ любаго языка можно насчитать десятки тысячъ различно звуча-

щихъ словъ, и каждое слово, состоящее изъ нѣсколькихъ слоговъ, можетъ дать нѣсколько различныхъ звуковыхъ образовъ, если измѣнять при произношеніи высоту тона и удареніе на слогахъ: одни растягивать, другіе укорачивать. Отъ этихъ удареній и нѣмыхъ промежутковъ между словами и слогами зависитъ выразительность рѣчи. Въ музыкѣ мы тоже различаемъ не только силу, высоту и тембръ отдѣльныхъ тоновъ (глухой, гнусливый, звонкій, мягкій, скрипучій и пр.), но также сочетаніе ихъ въ аккорды, темпъ, извѣстную послѣдовательность и нѣмые интервалы. Если же внимательно прислушиваться къ непрерывно колеблющимся шумамъ въ окружающей насъ воздушной средѣ, то для уха открывается какъ бы новый міръ слабыхъ звуковъ, которые мы не слышимъ только потому, что не обращаемъ на нихъ вниманія. Нѣтъ сомнѣнія, что каждому отдѣльному звуковому впечатлѣнію должна соотвѣтствовать какая-нибудь особенность въ производящемъ его внѣшнемъ вліяніи, т. е. въ характерѣ тѣхъ колебательныхъ движеній, которыя передаются звучащимъ тѣломъ нашему слуху черезъ посредство воздуха. Какимъ же устройствомъ долженъ обладать нашъ слуховой органъ, чтобы реагировать милліонами разныхъ ладовъ на воздѣйствіе внѣшнихъ вліяній? Трудность этого вопроса упрощаетъ прежде всего физика, изучающая, такъ сказать, составъ звуковыхъ вліяній и выдѣляющая изъ нихъ общія всѣмъ части. Благодаря ей, мы знаемъ, что такихъ общихъ всѣмъ вліяніямъ элементовъ сравнительно немного. Прежде всего она дѣлитъ всѣ звуки на двѣ категоріи: музыкальные звуки и шумы—правильно и неправильно періодическія колебанія частицъ звучащихъ тѣлъ. Затѣмъ она же показываетъ, что протяжности звука и шума соотвѣтствуетъ продолжительность соотвѣтственныхъ колебаній, силѣ ихъ — величина размаховъ колеблющихся частицъ, высотѣ музыкальныхъ тоновъ число коле-

баній въ данную единицу времени, и тембру [1]) характеръ каждаго отдѣльнаго колебанія. Изучая далѣе звуки различныхъ музыкальныхъ инструментовъ, физика нашла, что наипростѣйшую форму колебаній (маятникообразную) представляютъ органныя трубы и камертоны. Звуки этихъ инструментовъ она назвала *простыми тонами*, въ отличіе отъ звуковъ всѣхъ прочихъ, оказавшихся сложными и именно состоящими изъ гармоническаго сочетанія простыхъ тоновъ разной высоты. Этимъ разъяснилась сущность тембра, какъ аккорда простыхъ тоновъ.

Такимъ образомъ, благодаря физикѣ, физіологу, занимающемуся слуховыми ощущеніями, приходится имѣть дѣло не съ необъятнымъ количествомъ отдѣльныхъ фактовъ, а съ отыскиваніемъ въ устройствѣ слуховаго аппарата условій для воспріятія музыкальныхъ тоновъ и шумовъ, съ перечисленными выше общими характерами ихъ— протяжностью, силой, высотой и тембромъ. Человѣческая рѣчь не составляетъ въ этомъ отношеніи исключенія, потому что и она представляетъ смѣшеніе шумовъ (согласные звуки) съ музыкальными тонами разной высоты, силы и тембра (гласные звуки).

Прежде однако, чѣмъ говорить объ устройствѣ слуховаго органа, я постараюсь, ради удобопонятности, выяснить теоретически значеніе его главныхъ составныхъ частей, въ зависимости отъ основныхъ свойствъ слуховыхъ ощущеній.

Существенную часть слуховаго аппарата, какъ всѣхъ вообще чувствующихъ снарядовъ, должны составлять: воспринимающая звуковыя колебанія поверхность, т. е. весь периферическій аппаратъ на концѣ слуховаго нерва, про-

---

[1]) Словомъ «тембръ» обозначаютъ тотъ характеръ музыкальныхъ тоновъ, которымъ тоны одной и той же высоты отличаются другъ отъ друга въ разныхъ музыкальныхъ инструментахъ—скрипкѣ, гитарѣ, кларнетѣ и пр.

водники отъ него къ центру и центръ. Изъ этихъ частей, какъ въ физіологіи зрѣнія, мы будемъ изучать только дѣятельность составныхъ частей периферическаго снаряда.

При нормальномъ слышаніи звуки передаются нашему органу воздухомъ [1]), слѣдовательно импульсами, возбуждающими концы слуховаго нерва, служатъ звуковыя колебанія послѣдняго. Но колебанія эти могутъ дѣйствовать на нервъ лишь какъ механическія потрясенія; а нервы вообще способны возбуждаться вліяніями этого рода, лишь бы толчки соотвѣтствовали по силѣ присущей нерву чувствительности. Значитъ, можно уже напередъ думать, что на концахъ слуховаго нерва нѣтъ трансформаторовъ возбуждающаго движенія (какъ это нужно для концовъ зрительнаго нерва). Это мы и увидимъ на самомъ дѣлѣ.

Если слуховой нервъ возбуждается механическими потрясеніями, то способности нашего уха различать музыкальные тоны разной высоты не можетъ соотвѣтствовать никакое иное устройство концовъ слуховаго нерва кромѣ слѣдующаго: или воспріятію каждаго слышимаго нами тона служитъ отдѣльное нервное волокно (или волоконце), и конецъ его вибрируетъ въ унисонъ съ возбуждающимъ звукомъ; или тоны воспринимаются значительно меньшимъ числомъ нервныхъ окончаній, и на концѣ каждаго волокна есть придатокъ, видоизмѣняющій вибрацію нервнаго конца по высотѣ. Такихъ придатковъ на концахъ слуховаго нерва микроскопъ не открываетъ; съ другой стороны отдѣльныхъ концовъ нерва въ той части слуховаго аппарата, который считается воспринимающимъ музыкальные тоны, насчитываютъ нѣсколько тысячъ—число, какъ сейчасъ увидимъ, достаточное для объясненія предѣловъ нашей чувствитель-

---

[1]) Передатчиками звуковъ служатъ также кости головы, но лишь при слышаніи собственнаго голоса.

ности къ тонамъ разной высоты. Предѣлы эти лежатъ именно между тонами въ 16 колебаній въ 1" (самый низкій слышимый нами тонъ органной трубки) и 40.000 колебаній, что составляетъ круглымъ счетомъ 11 октавъ. Если бы тонкость различенія была на всемъ этомъ протяженіи одинакова, то, взявъ даже наименьшее изъ наблюдавшихся чиселъ для отдѣльныхъ концовъ улиточнаго нерва, именно, 3.000, мы получили бы на каждую октаву 270 различно вибрирующихъ волоконъ, т. е. 270 разныхъ тоновъ, тогда какъ на фортепіанахъ на октаву приходится всего 13 клавишей, тринадцать звуковъ разной высоты; притомъ употребительные въ музыкѣ наиболѣе высокіе тоны не заходятъ за 5.000 колебаній въ 1" и за этимъ предѣломъ тонкость различенія ихъ по высотѣ уже значительно падаетъ.

Представимъ же себѣ на минуту, что въ части слухового органа, воспринимающей музыкальные тоны, конецъ каждаго отдѣльнаго волокна улиточнаго нерва связанъ со струною, настроенною на тонъ опредѣленной высоты. Каждая такая струна съ соотвѣтствующимъ волокномъ представляла бы элементъ для воспріятія тона той самой высоты, на который настроена струна; и такой элементъ былъ бы способенъ приходить въ колебанія (возбужденіе) не только при условіи, если бы воздушная среда приносила къ нему лишь тонъ его собственной высоты, но также въ случаѣ воздѣйствія сложнаго звуковаго движенія, лишь бы тонъ элемента содержался въ сложномъ звукѣ, какъ одинъ изъ составныхъ тоновъ. Такъ, если передъ фортопьянами съ поднятой доской и педалью выпѣвать въ одинъ и тотъ же тонъ гласные звуки а, о, е, и, у, то въ инструментѣ на каждый изъ нихъ, за исключеніемъ у, рядомъ со струной выпѣваемаго тона, отвѣчаютъ (созвучатъ) нѣсколько другихъ струнъ, и именно тѣ, тоны которыхъ входятъ въ составъ даннаго гласнаго звука, какъ

оберъ-тоны. Такою же способностью отличается и наше ухо. Когда мы слышимъ аккордъ, то онъ чувствуется какъ нѣчто цѣлое, но вмѣстѣ съ тѣмъ отличное отъ каждаго изъ составляющихъ его тоновъ, и тонкое музыкальное ухо явственно различаетъ въ аккордѣ эти послѣднiе. Другими словами, ухо наше способно не только разлагать длинный рядъ тоновъ по высотѣ, но также различать сложное звуковое движенiе на составные элементы — чувствовать въ сложномъ звукѣ составляющiе его простые тоны.

Послѣднее крупное свойство слуховыхъ ощущенiй, отражающееся на устройствѣ воспринимающаго звуки снаряда, заключается въ соотвѣтствiи между ощущенiями и толчками со стороны продолжительности. Свойство это сказывается въ способности нашего уха чувствовать отрывистые звуки и длину нѣмыхъ промежутковъ между ними; какъ достигается эта цѣль, будетъ удобнѣе говорить при описанiи устройства слуховаго снаряда, къ которому и приступаю.

Въ самыхъ общихъ чертахъ онъ состоитъ изъ звукопроводящей части и концеваго снаряда слуховаго нерва. Первую составляютъ (см. приложен. схему): *наружный слуховой проходъ* (A); запирающая его дно перепончатая пластинка — *барабанная перепонка* (B); воздушная полость позади нея—*барабанная полость* (C) съ выводной въ зѣвъ *Евстахiевой трубой* (D); лежащая въ барабанной полости система слуховыхъ косточекъ (E), которая однимъ концомъ врощена въ барабанную перепонку, а другимъ связана съ перепонкой, закрывающей *овальное отверстiе* (F)—родъ окна изъ барабанной полости въ наполненный жидкостью ушной лабиринтъ (GMH), состоящiй изъ трехъ полостей: преддверiя (M), улитки (H) и полукружныхъ каналовъ (G). Жидкость лабиринта представляетъ послѣднее звено въ цѣпи передатчиковъ звуковыхъ колебанiй изъ воздуха къ нерву, такъ какъ концы его, ле-

жащіе на перепончатыхъ частяхъ ушнаго лабиринта, окружены жидкостью. Значитъ, звуковыя движенія воздуха приводятъ прежде всего въ колебаніе барабанную перепонку и

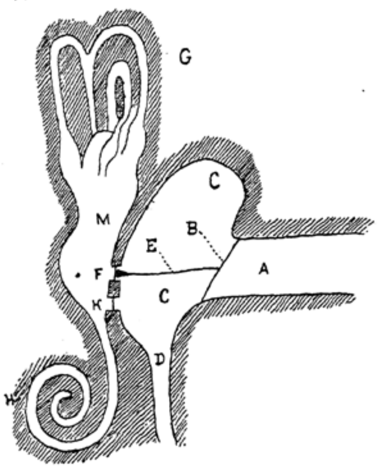


Рис. 94.

вмѣстѣ съ нею слуховыя косточки. Послѣдняя изъ нихъ имѣетъ форму стремячка, обращеннаго къ овальному окошку подошвой; подошва эта тоже овальной формы, но меньше отверстія окошка, поэтому вокругъ стремячка остается въ окошкѣ свободный перепончатый поясъ, дающій возможность косточкамъ передвигаться вмѣстѣ съ барабанной перепонкой. Но такое передвиженіе было бы при несжимаемости жидкости, наполняющей полость лабиринта, невозможно, если бы въ неуступчивыхъ костныхъ стѣнкахъ этой полости не было другого отверстія — *круглаго*

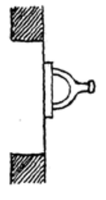


Рис. 95.

окошка k, открывающагося въ барабанную полость и тоже затянутаго перепонкой. Понятно, что при уступчивости послѣдней, всякiй разъ, какъ барабанная перепонка подъ ударами звуковыхъ волнъ вдается въ барабанную полость и вмѣстѣ съ этимъ втискивается стремячко въ наполненную жидкостью полость лабиринта, перепонка круглаго отверстiя должна выпячиваться изъ послѣдняго въ барабанную полость; а при возвращенiи барабанной перепонки въ прежнее положенiе должно происходить обратное.

Такимъ образомъ всякiй разъ, какъ на ухо дѣйствуетъ какой-либо звукъ, въ формѣ ли правильно, или неправильно перiодическихъ движенiй частицъ воздуха, колебанiя его передаются съ барабанной перепонки жидкости лабиринта. Это составляетъ, такъ сказать, первую половину роли звукопроводящаго снаряда въ актахъ слышанiя, и она давно доказана опытами, дающими возможность прямо наблюдать колебанiя барабанной перепонки при дѣйствiи на нея звуковъ. Вторую половину той же роли составляетъ проведенiе звуковыхъ движенiй изъ воздуха въ полость лабиринта безъ всякихъ измѣненiй со стороны силы, ритма и характера колебанiй, какъ бы сложно ни было звуковое движенiе. Эта сторона дѣятельности нашего звукопроводящаго снаряда выяснилась вполнѣ лишь со времени устройства телефона, въ особенности же со времени устройства Эдиссоновскаго фонографа. Тотъ и другой инструментъ воспроизводятъ, какъ извѣстно, съ большею или меньшею точностью самыя сложныя звуковыя движенiя и шумы—слова человѣческой рѣчи, пѣнiе, игру музыкальныхъ инструментовъ, звуки кашля, чиханiя и пр. Въ томъ и другомъ звуковыя движенiя воспринимаются металлической пластинкой *непремѣнно малыхъ размѣровъ*, отвѣчающей на звуковые толчки очень малыми размахами и притомъ быстро затухающими, какъ только толчки перестаютъ дѣйствовать, потому что толчки эти имѣютъ побѣждать сравнительно большое сопротивленiе. Все это мы

видимъ и на барабанной перепонкѣ. Размѣры ея поверхности очень малы: большій длинникъ 9,5—10 мм., меньшій 8 мм.; и колеблется она не свободно, а вмѣстѣ съ слуховыми косточками; притомъ же передвиженія послѣднихъ затруднены съ противуположнаго конца—тамъ, гдѣ стремячко вставлено въ круглое окошко, перепонкой вокругъ его подошвы и массой перемѣщающейся лабиринтной жидкости. Понятно, что такая система, рядомъ съ быстрымъ затуханіемъ эффектовъ каждаго воздушнаго толчка, будетъ отвѣчать соотвѣтственными колебаніями на любой рядъ ихъ, т. е. возпроизводить колебанія воздуха вѣрно по частотѣ, характеру и величинѣ размаховъ—послѣднее, конечно, въ значительно уменьшенныхъ размѣрахъ. Фонографъ Эдиссона убѣждаетъ далѣе въ томъ, что колебанія перепонки должны вѣрно передаваться системѣ слуховыхъ косточекъ, потому что въ этомъ инструментѣ воспринимающая пластинка тоже сообщаетъ свои колебанія упирающемуся въ нея рычажку, и уже этотъ послѣдній записываетъ колебанія пластинки на вращающемся барабанѣ. Такимъ образомъ вѣрная передача звуковыхъ колебаній въ полость лабиринта доказана. Но разъ звуковое движеніе сообщено жидкости—она воспроизводитъ его уже безъ всякихъ измѣненій.

Сверхъ приведенныхъ аналогій съ фонографомъ Эдиссона, аппаратъ нашъ представляетъ одно существенное преимущество передъ нимъ, именно мышечно-нервный придатокъ, при посредствѣ котораго измѣняется степень натяженія барабанной перепонки.

Въ приведенной выше схемѣ слуховыя косточки были изображены, ради удобства описанія, въ видѣ прямаго сплошнаго столбика отъ барабанной перепонки къ овальному окошку. Въ дѣйствительности этотъ рычажокъ не прямой, а ломаный, и не сплошной, а состоитъ изъ четырехъ сочлененныхъ между собою косточекъ: молоточка, наковальни, чечевички и стремячка. Взаимное расположеніе ихъ отно-

сительно барабанной перепонки и овальнаго окошка изображено въ профиль на прилагаемой схемѣ, гдѣ ab представляетъ барабанную перепонку, c головку молотка съ его рукояткой, вросшейся свободнымъ концомъ въ барабанную перепонку, d сочлененную съ головкой молоточка наковальню, e чечевичку и f стремячко. Молоточекъ и наковальня подвижно прикрѣплены въ ихъ верхнихъ частяхъ посредствомъ двухъ отростковъ и связокъ къ стѣнкамъ

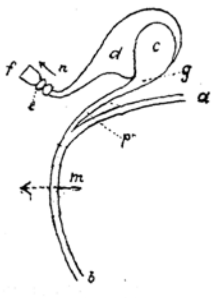


Рис. 96.

барабанной полости; и эти точки прикрѣпленія, лежащія въ плоскости, параллельной костному кольцу, въ которое вставлена барабанная перепонка, составляютъ общую ось вращенія (она лежитъ на рисункѣ перпендикулярно къ плоскости бумаги, пересѣкая ее въ точкѣ g) обѣихъ косточекъ.

Наковальня и молоточекъ образуютъ такимъ образомъ вилку, лежащую въ плоскости, перпендикулярной къ рамкѣ барабанной перепонки (въ плоскости бумаги на нашемъ рисункѣ) и вращающейся въ той же плоскости около точки g. Когда воздушный толчекъ двигаетъ барабанную перепонку въ направленіи стрѣлки m, то стремячко идетъ въ томъ же направленіи (по стрѣлкѣ n), но дѣлаетъ меньшій размахъ, потому что ножка gm длиннѣе ножки ge. При этомъ должно

происходитъ ослабленіе движенія, передающагося въ лабиринтъ, но оно, вѣроятно, выгодно для слуховаго снаряда. Вторая же и уже несомнѣнная выгода описаннаго расположенія косточекъ лежитъ въ дѣйствіи мышцы, натягивающей барабанную перепонку. Тяга ея идетъ въ направленіи стрѣлки p; слѣдовательно, конецъ рукоятки молотка перемѣщается въ барабанную полость сильнѣе, чѣмъ стремячко въ полость лабиринта. Натяженію барабанной перепонки приписываютъ двоякое значеніе: она увеличиваетъ ея чувствительность къ высокимъ тонамъ и дѣлаетъ вмѣстѣ съ тѣмъ менѣе податливой, слѣдовательно умѣряетъ дѣйствіе сильныхъ толчковъ. Что же касается до другой мышцы, дѣйствующей на стремячко, то ея роль не вполнѣ выяснена—возможно, что благодаря ей и сочлененію—чечевички съ отросткомъ наковальни и стремячкомъ, ось послѣдняго остается перпендикулярной къ плоскости овальнаго окошка въ то время, какъ ножка ge описываетъ дугу [1]).

Въ заключеніе слѣдуетъ еще упомянуть объ Евстахіевой трубѣ.

Благодаря ей, напряженіе воздуха по обѣ стороны барабанной перепонки остается одинаковымъ; слѣдовательно устраняются случайныя и побочныя для слуха условія ея натяженія.

Перехожу къ описанію концовъ нерва въ ушномъ лабиринтѣ.

Подходя къ полостямъ лабиринта, слуховой нервъ распадается на двѣ вѣтви: нервъ преддверія и нервъ улитки. Первый кончается раздѣльными гнѣздами въ перепонча-

---

[1]) Значеніе сочлененія между головкой молоточка и наковальней не выяснено. Движенія обѣихъ косточекъ описываются какъ совмѣстныя, какъ будто вилка состояла изъ одной кости; но тогда непонятно, зачѣмъ они сочленены. Не служитъ ли это сочлененіе для сближенія ножекъ вилки, что соотвѣтствовало бы укороченію рычага приближеніемъ болѣе подвижной ножки молоточка къ менѣе подвижной ножкѣ наковальни со стремячкомъ?

тыхъ мѣшкахъ преддверія и въ устьяхъ полукружныхъ каналовъ, а второй разсыпается равномѣрно на вѣтви по всей длинѣ спирально завитаго хода улитки. Форма окончанія преддверняго нерва во всѣхъ гнѣздахъ одинакова, и сначала я скажу объ нихъ.

Всю полость преддверія съ выходящими изъ нея (взаимно перпендикулярными) полукружными каналами, выдолбленную, такъ сказать, въ скалистой части височной кости, слѣдуетъ представлять себѣ выстланной сплошь перепонкой, которая по формѣ представляетъ, слѣдовательно, слѣпокъ съ этихъ полостей, но только нѣсколько меньшихъ размѣровъ, такъ какъ перепонка не повсюду плотно прилегаетъ (приростаетъ) къ костнымъ стѣнкамъ преддверія и каналовъ. Такимъ образомъ приложенная схема вѣрно изображаетъ преддверный перепончатый мѣшокъ (A) съ выходящими изъ него перепончатыми, полукружными каналами и расширенными въ такъ назыв. ампуллы устьями этихъ каналовъ (aa) числомъ 5. Къ этому нужно еще только прибавить, что лабиринтная жидкость наполняетъ безъ остатка какъ всю полость перепончатыхъ мѣшковъ, такъ и пространство между ними и костными стѣнками лабиринта. Гнѣзда, въ которыхъ кончаются вѣтви преддвернаго нерва, лежатъ на внутренней поверхности перепончатаго мѣшка (одно) и ампуллъ (по одному въ каждой) и изображены въ схемѣ утолщенными мѣстами стѣнокъ (пр.) Каждое такое гнѣздо имѣетъ форму выступа изъ стѣнки, усѣяннаго волосками. Толщу выступа составляетъ плотная масса клѣтокъ, состоящая въ перемежку изъ клѣтокъ цилиндриче-

Рис. 97.

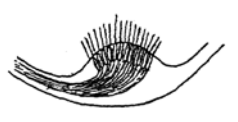


Рис. 98.

скаго эпителія и нервныхъ клѣтокъ, изъ которыхъ каждая кончается на свободномъ концѣ твердой щетинкой, а другимъ связана съ волокномъ подходящаго къ выступу нерва. Щетинки прикрыты очень тонкой пленкой, поверхъ которой лежатъ въ мѣшкѣ отолиты — песчинки изъ углекислой извести. Судя по этой формѣ окончанія, про концы преддвернаго нерва можно сказать только слѣдующее: благодаря щетинкамъ, они должны быть очень чувствительны къ колебаніямъ частицъ окружающей ихъ жидкости. Но это и все — въ крайнемъ случаѣ такимъ устройствомъ можно объяснять лишь воспріятіе неправильныхъ звуковыхъ движеній вообще, но никакъ не шумовъ съ ихъ отличительными характерами.

Въ устройствѣ концовъ улиточнаго нерва есть наоборотъ такія черты, которыя невольно заставляютъ думать, что ими воспринимаются музыкальные тоны.

Спиральный ходъ улитки, отойдя отъ полости преддверія, дѣлаетъ два съ половиной завитка, лежащихъ, какъ

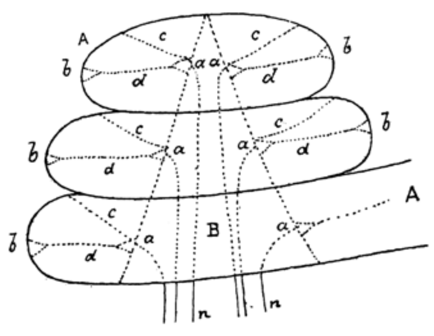


Рис. 99.

въ улиткѣ другъ надъ другомъ и вокругъ коническаго стержня, представляющаго ось улитки. На приложенной

схемѣ **АА** изображаютъ весь улиточный ходъ, В стержень улитки. Весь ходъ, по всей его длинѣ, раздѣленъ перегородкой (ab, ab, ab) на два этажа. Верхній этажъ называется *преддвернымъ*, потому что онъ сообщается съ полостью преддверія, а нижній барабаннымъ, потому что онъ начинается отъ круглаго окошка лабиринта въ барабанную полость. Оба этажа по всей длинѣ хода отдѣлены другъ отъ друга перегородкой ab, и только въ самомъ верху улитки они сообщаются другъ съ другомъ отверстіемъ въ перегородкѣ. Межэтажная перегородка образована спиральными выступами изъ стержня (aaa) и изъ противолежащей стѣнки хода (bbb), а между ними натянута перепонка (ddd), называемая *основной*. Кромѣ того, весь верхній этажъ, улиточнаго хода раздѣленъ наклонно лежащей перепонкой (ccc) (она называется *Рейснеровской* перепонкой) на два отдѣленія, и въ нижнемъ изъ нихъ на основной перепонкѣ aaa, по всей длины улиточнаго хода, лежитъ *Кортіевъ органъ* (по имени открывшаго его ученаго Корти) — концевой аппаратъ улиточнаго нерва. Волокна послѣдняго входятъ въ улитку снизу въ ея стержень и выходятъ изъ него тысячами отверстій черезъ спиральный выступъ aaa, поддерживающій основную перепонку. Ходъ волоконъ обозначенъ на схемѣ линіями nnn. Важно еще замѣтить слѣдующіе пункты. Хотя общій видъ улитки конусообразный, но ширина основной перепонки, именно длинникъ ея отъ a до b, по мѣрѣ приближенія къ верхушкѣ, постепенно увеличивается. Оба этажа улитки сплошь наполнены жидкостью. Слѣпой конецъ нижняго этажа лежитъ, какъ было сказано, внѣ полости преддверія, а верхній этажъ сообщается съ нею; слѣдовательно толчками стремячка въ преддверіе жидкость улитки передвигается по всей длинѣ верхняго этажа и, перейдя на верху ея въ нижній, пробѣгаетъ по всей длинѣ послѣдняго до перепонки круглаго окошка. Нижнее отдѣленіе верхняго этажа, гдѣ лежитъ Кортіевъ органъ, представляетъ совер-

шенно замкнутую полость, начинающуюся въ преддверіи перепончатымъ мѣшкомъ, лежащимъ рядомъ съ тѣмъ, изъ котораго выходятъ перепончатые полукружные каналы.

На приложенной схемѣ изображено относительное положеніе всѣхъ существенныхъ частей Кортіева органа. Прежде всего нужно замѣтить, что всѣ его части, лежащія на основной перепонкѣ (d), имѣютъ микроскопическіе размѣры. Частей этихъ три: струнный аппаратъ основной перепонки; Кортіевы дуги (mnop) или опорный аппаратъ для концовъ улиточнаго нерва и эти самые концы.

Хотя основная перепонка представляетъ сплошную пленку, но волокнистый характеръ ея выраженъ столь рѣзко и волокна лежатъ въ ней, въ направленіи отъ a къ b, столь правильными рядами по всей длинѣ улиточнаго хода, что видъ ея производитъ впечатлѣніе ряда близко лежащихъ другъ подлѣ друга натянутыхъ струнъ. Впечатлѣніе это усиливается еще болѣе правильнымъ расположеніемъ Кортіевъ дугъ и нервныхъ клѣтокъ (rrr) на струнахъ. Кортіевы дуги (m задніе столбики, p передніе столбики) имѣютъ видъ кровельныхъ стропилъ съ отростками назадъ (o) и впередъ (o) на конькѣ. Какъ задніе, такъ и передніе столбики стропилъ прилегаютъ по всей длинѣ улиточнаго хода плотно другъ къ другу, оставляя между собою лишь маленькія отверстія для пропусканія нервныхъ волоконъ. Число переднихъ и заднихъ столбиковъ однако не одинаково: на три болѣе тонкихъ заднихъ приходится по два болѣе толстыхъ переднихъ.

Послѣднихъ Вальдейеръ насчитываетъ до 4.500 въ улиткѣ. Изъ совокупности всѣхъ Кортіевыхъ дугъ образуется по всей длинѣ улиточной спирали крытый ходъ—туннель, черезъ который тянутся нервныя волокна къ ихъ концамъ—переднимъ волосистымъ клѣткамъ rrr. Стало быть Кортіевы дуги служатъ для поддержки въ раздѣльномъ положеніи окончательныхъ вѣточекъ улиточнаго нерва; а отростками

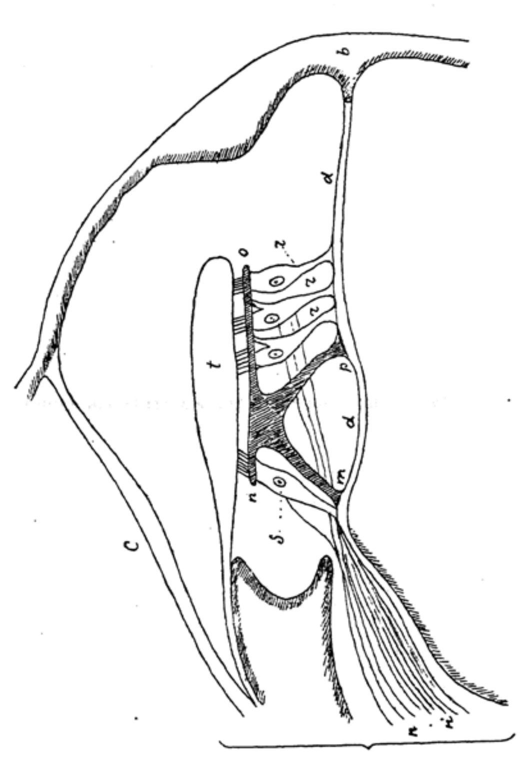


Рис. 100.

n и o поддерживаются концы волоконъ — нервныя клѣтки. Послѣднія связаны своими нижними отростками съ струнами основной перепонки и расположены по длинѣ улиточнаго хода въ четыре ряда; одинъ рядъ (клѣтки s) лежитъ позади Кортіевыхъ дугъ, а три другихъ (rrr) кпереди отъ нихъ. Основаніемъ для клѣтокъ служитъ не одна, а три струны; слѣдовательно на каждую струнную единицу (т. е.

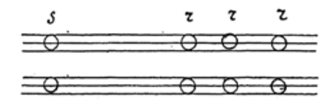


Рис. 101.

на 3 струны) приходится 4 нервныхъ клѣтки. Всѣхъ клѣтокъ въ улиткѣ человѣка насчитываютъ 16.000 — 20.000, и переднія клѣтки находятъ иногда расположенными не въ 3, а въ 4 ряда. Поэтому, если принять для переднихъ клѣтокъ даже наименьшее число 12.000 и считать, что всѣ четыре переднія клѣтки одной и той же струнной единицы служатъ для воспріятія одного тона, то выходило бы, что улитка можетъ дать 3.000 разныхъ тоновъ. Выше было сказано, что лента основной перепонки, по мѣрѣ восхожденія улиточнаго хода, становится шире; если слѣдовательно основная перепонка дѣйствительно представляетъ струнный аппаратъ, сообщающій свои вибраціи нервнымъ клѣткамъ, то слышанію тоновъ различной высоты будетъ соотвѣтствовать вибрація струнъ разной длины и разнаго натяженія—низкіе тоны должны были бы восприниматься въ верхнихъ частяхъ улитки, а высокіе—въ нижнихъ. Въ заключеніе слѣдуетъ еще упомянуть о придаткѣ, имѣющемъ по виду характеръ заглушителя колебаній нервныхъ клѣтокъ. Верхній конецъ послѣднихъ усаженъ волосками, а на волоскахъ лежитъ толстая крышечная перепонка (t).

Итакъ, если принять во вниманіе:

строеніе основной перепонки изъ правильно расположеннаго ряда прямыхъ, натянутыхъ волоконъ;

правильность расположенія концовъ улиточнаго нерва, связанныхъ съ этими волокнами; и наконецъ

вытекающую изъ всего устройства слуховаго аппарата достовѣрность факта, что слышанію звуковъ должно соотвѣтствовать механическое потрясеніе концевъ нерва; —

то мысль о передачѣ звуковыхъ колебаній изъ жидкости лабиринта струнамъ основной перепонки, а отъ нихъ концамъ улиточнаго нерва, оказывается наиболѣе вѣроятной изъ всякихъ другихъ предположеній на счетъ механизма воспріятія звуковъ. Наиболѣе темную сторону этой гипотезы составляетъ то обстоятельство, что законы созвучія, изученные на тѣлахъ большихъ размѣровъ, перенесены здѣсь на части микроскопической величины.

Заключеніе.

Во вступительной главѣ этой книги была высказана мысль, что если оставить въ сторонѣ высшія проявленія психической жизни у человѣка и процессы размноженія въ животномъ царствѣ, которымъ поддерживается жизнь вида, а не индивидуума, то *на жизненныя явленія животнаго тѣла можно смотрѣть, какъ на дѣятельности своеобразно устроенной машины, направленныя къ поддержанію ея существованія.*

Тамъ мысль эта была приведена, такъ сказать, на вѣру читателя, съ цѣлью привести въ естественный порядокъ жизненныя явленія ради удобства предстоявшаго описанія ихъ. Теперь же мы возвращаемся къ этой мысли съ тѣмъ, чтобы показать ея справедливость при помощи данныхъ, уже извѣстныхъ читателю. Въ доказанномъ видѣ она представляетъ итогъ физіологическаго изученія животнаго тѣла.

Какъ же доказать, что животное тѣло есть машина?

Для этого нужно въ сущности доказать только прило-

жимость къ жизненнымъ явленіямъ двухъ великихъ основъ неорганической жизни нашей планеты—начала сохраненія вещества и начала сохраненія энергіи. Другими словами, нужно доказать слѣдующія два положенія:

a) насколько въ животномъ тѣлѣ происходитъ во время жизни превращеніе веществъ, въ немъ не созидается и не исчезаетъ ни атома вещества;

b) животное тѣло работаетъ исключительно насчетъ внѣшнихъ силъ, и приходъ послѣднихъ извнѣ равенъ расходу ихъ въ тѣлѣ на внѣшнія и внутреннія работы.

Мы знаемъ, что между животнымъ тѣломъ и внѣшнею средою происходитъ непрерывный обмѣнъ веществъ: заимствуя изъ внѣшней среды пищу, питье и кислородъ воздуха, животное отдаетъ въ нее остатки не переваренной пищи, мочу, кожныя и легочныя испаренія. Стоитъ, слѣдовательно, собрать всѣ вещества прихода, съ другой стороны всѣ изверженія, и сравнить ихъ по вѣсу и составу, чтобы первый изъ поставленныхъ вопросовъ (a) получилъ рѣшеніе въ ту или другую сторону.

Для зрѣлаго переставшаго рости человѣка или животнаго нетрудно найти такую пищу (по количеству и составу), при которой вѣсъ его тѣла оставался бы неизмѣннымъ въ теченіе болѣе или менѣе долгаго времени. Если при этомъ собрать *за нѣсколько дней* все количество потребленнаго внѣшняго вещества (т. е. пищи, питья и вдохнутаго кислорода) и все количество изверженій за тотъ же промежутокъ времени, то всегда находятъ, что вѣсъ введенныхъ веществъ равенъ вѣсу извергнутыхъ. Если же такой опытъ дѣлается на ростущемъ организмѣ, то приходъ всегда оказывается болѣе расхода и избытокъ всегда соотвѣтствуетъ вѣсовому приросту тѣла за время наблюденія. Въ этихъ результатахъ уже кроется намекъ на приложимость закона сохраненія вещества къ химическимъ процессамъ въ животномъ тѣлѣ,

такъ какъ намъ извѣстно, что въ концѣ концовъ изверженія его представляютъ окончательные продукты превращеній внѣшняго вещества, введеннаго въ тѣло. Строгое доказательство приложимости закона требуетъ однако равенства прихода съ расходомъ не только по вѣсу, но и по составу.

Съ этой цѣлью опять устанавливаютъ для зрѣлаго человѣка или животнаго пищу, при которой вѣсъ тѣла оставался бы неизмѣннымъ; опять собираютъ весь вещественный приходъ за каждые сутки; но теперь отъ каждой составной части пищи и питья берутъ пробы и опредѣляютъ по нимъ количества введенной въ тѣло воды, золы и органическихъ веществъ, которыя затѣмъ разлагаютъ на составляющіе ихъ элементы, углеродъ, водородъ, кислородъ и азотъ. Тоже самое продѣлываютъ надъ кишечными изверженіями и мочею; а измѣреніемъ дыхательнаго обмѣна въ дыхательныхъ аппаратахъ опредѣляютъ кислородъ прихода, угольную кислоту и воду кожныхъ и легочныхъ изверженій. Такимъ образомъ получается рядъ сравнимыхъ между собою чиселъ. Примѣръ всего лучше покажетъ, какъ дѣлается расчетъ и сравненіе. Положимъ, ежедневная пища состоитъ изъ питьевой воды, мяса, хлѣба, жира и сахара, и расчетъ какъ прихода, такъ и расхода дѣлается за сутки. Вѣсовыя количества всѣхъ составныхъ частей того и другого обозначимъ для простоты буквами.

	Вода.	Углеродъ.	Водородъ.	Азотъ.	Кислородъ.	Зола.
ПРИХОДЪ.						
мясо	a_1	b_1	c_1	d_1	e_1	f_1
хлѣбъ	a_2	b_2	c_2	d_2	e_2	f_2
жиръ		b_3	c_3		e_3	
сахаръ		b_4	c_4		e_4	
питьевая вода . . .	a_5					
вдохнутый кислородъ.					e_6	

РАСХОДЪ.

моча	a'	b'	c'	d'	e'	f'
калъ	a''	b''	c''	d''	e''	f''
дыхат. изверженія [1].	a'''	b'''			e'''	
			(c^{IV})		(e^{IV})	

При сравненіи количествъ введенной и выведенной изъ тѣла воды всегда оказывается нѣкоторый избытокъ на сторонѣ послѣдней, зависящій отъ сгоранія въ тѣлѣ водорода пищи. Поэтому избытокъ этотъ долженъ быть отнятъ отъ суммы $a' + a'' + a'''$ и перенесенъ въ видѣ водорода и кислорода (составныхъ частей воды) въ соотвѣтственныя графы расхода. Это и обозначено буквами (c^{IV}) и (e^{IV}). При этомъ условіи

сравн. воды въ приходѣ и расходѣ даетъ:	$a_1 + a_2 + a_3 = a' + a'' + a''' - (c^{IV} + e^{IV})$
» углерода » » » »	$b_1 + b_2 + b_3 + b_4 = b' + b'' + b'''$
» водорода » » » »	$c_1 + c_2 + c_3 + c_4 = c' + c'' + c^{IV}$
» азота » » » »	$d_1 + d_2 = d' + d''$
» кислорода » » » »	$e_1 + e_2 + e_3 + e_4 + e_5 = e' + e'' + e''' + e^{IV}$
» золы » » » »	$f_1 + f_2 = f' + f''$

Отсюда уже безъ дальнѣйшихъ разсужденій слѣдуетъ, что *въ животномъ тѣлѣ не созидается и не исчезаетъ ни атома вещества.*

Что касается до приложимости начала сохраненія энергіи къ жизненнымъ явленіямъ, то здѣсь я принужденъ вдаться въ нѣкоторыя подробности, чтобы сдѣлать читателю понятнымъ настоящее положеніе этого вопроса.

Подобно тому, какъ въ предъидущемъ случаѣ, для рѣшенія вопроса

---

[1]) Кожей и легкими выдѣляется вода и угольная кислота, но послѣдняя состоитъ изъ углерода и кислорода, поэтому въ таблицѣ b''' и e''' суть составныя части выдохнутой угольной кислоты.

въ общемъ видѣ, нужно было собрать, взвѣсить и разложить на элементы вещества прихода, такъ и здѣсь было бы необходимо собрать всѣ источники приходящей извнѣ энергіи и, выразивъ каждый изъ нихъ въ какихъ-либо общихъ для всѣхъ единицахъ (напр. тепловыхъ), подвести итогъ. Это будетъ величина прихода силъ — первая часть искомаго уравненія. Вторую часть его составляетъ расходъ энергіи, т. е. вся совокупность работъ, какъ внѣшнихъ, такъ и внутреннихъ, происходящихъ въ животномъ тѣлѣ. Каждый изъ такихъ частныхъ расходовъ слѣдовало бы опять выразить въ общихъ для всѣхъ единицахъ и, разумѣется, тѣхъ же самыхъ, въ которыхъ выраженъ былъ приходъ. Сумма частныхъ расходовъ давала бы общую величину расхода—вторую часть уравненія. Другими словами и здѣсь, какъ въ предъидущемъ случаѣ, получился бы рядъ отдѣльныхъ уравненій или равенствъ.

Къ сожалѣнію, наука наша еще очень далека отъ полнаго рѣшенія задачи въ этомъ видѣ—мы знаемъ по величинѣ не всѣ элементы прихода и еще меньше относительно элементовъ расхода. Тѣмъ не менѣе начало къ рѣшенію задачи уже положено—главнымъ образомъ, трудами Рубнера и мы изложимъ вкратцѣ уже сдѣланное съ тѣмъ, чтобы указать на то, что остается дѣлать впереди.

Если допустить на минуту, что для человѣка и теплокровныхъ животныхъ иного источника энергіи, помимо прихода внѣшняго вещества, нѣтъ, и что всѣ внутренніе работы въ животномъ тѣлѣ переходятъ въ концѣ концовъ въ тепло, то вопросъ нашъ разрѣшался бы сравнительно просто и именно для случая, когда животное (или человѣкъ) находится въ полнѣйшемъ покоѣ, т. е. не производитъ никакой внѣшней работы. Тогда нужно было бы только знать, какая часть внѣшняго вещества (и именно пищи), проходя черезъ тѣло, сгораетъ до тла; какая извергается не вполнѣ окисленной и сколько тепла даютъ вещества пищи и из-

верженій (мочи и кала). Эти данныя даютъ возможность выразить приходъ силъ въ тепловыхъ единицахъ; а расходъ энергіи, при сказанныхъ условіяхъ, составляетъ исключительно отдача тепла наружу, которую можно измѣрить калориметрически, т. е. выразить тоже въ калоріяхъ. Въ этомъ именно видѣ вопросъ разработывался Рубнеромъ, и онъ получилъ на животномъ согласныя числа между величинами прихода и расхода силъ при покоѣ тѣла. Если бы существовали калориметры для человѣка, которые давали бы возможность измѣрять отдачу тепла при покоѣ и работахъ разной (и извѣстной) величины, то вопросъ нашъ разрѣшался бы въ ту или другую сторону еще полнѣе. Этого у насъ пока еще нѣтъ; но изъ главы о движеніи читатель уже знаетъ, что наблюденія надъ питательнымъ режимомъ рабочаго человѣка (по величинѣ и составу) даютъ право думать, что и въ случаѣ производства внѣшнихъ работъ энергіи вещественнаго прихода достаточно для покрытія всѣхъ тратъ тѣла.

Можно ли, однако, допустить, что для человѣка и теплокровныхъ животныхъ иного источника энергіи, кромѣ прихода внѣшняго вещества, нѣтъ?

Конечно, нельзя. На поверхность нашего тѣла, черезъ посредство органовъ чувствъ, непрерывно дѣйствуютъ толчки изъ внѣшняго міра — на глаза свѣтъ, поглощающійся чувствительнымъ къ нему веществами глаза, на слухъ колебанія воздуха, на кожу цѣлый сонмъ механическихъ и термическихъ потрясеній [1]). Возбуждая нервную

[1]) Никакъ не слѣдуетъ думать, что тепло, дѣйствующее на кожу, идетъ на согрѣваніе нашего тѣла. Безъ тепла жить человѣкъ, конечно, не можетъ, но онъ, какъ вообще всѣ теплокровныя, не нуждается въ притокѣ тепла извнѣ, потому что живетъ тепломъ, развивающимся внутри его тѣла. Когда зимой человѣкъ защищаетъ себя отъ холода теплымъ платьемъ, то его грѣетъ не шуба, какъ говорится обыкновенно, а нагрѣтый его собственнымъ тепломъ

систему, влiянiя эти вызываютъ въ ней движенiя, слѣдовательно, дѣйствуютъ, во всякомъ случаѣ, какъ толчки, сообщаемые нашему тѣлу. Выше мы видѣли, что безъ такихъ толчковъ тѣло жить можетъ, но оно живетъ тогда формой жизни, соотвѣтствующей глубокому сну. Всѣ внутреннiя жизненныя работы (дыханiе, кровообращенiе, отдѣленiя, пищеварительная дѣятельность и пр.) остаются; но производство внѣшнихъ работъ уже невозможно.

Значитъ ли это однако, что мускульныя работы человѣка родятся изъ толчковъ, дѣйствующихъ на чувствующую поверхность нашего тѣла, т. е. что рабочая сила человѣка заключается въ этихъ самыхъ толчкахъ? И на этотъ вопросъ читатель можетъ отвѣтить уже совершенно сознательно нѣтъ. Толчки эти имѣютъ значенiе искръ, приложенныхъ къ пороху. Сами по себѣ, въ каждую малую единицу времени они представляютъ величину, неизмѣримо малую, и если способны вызывать сравнительно огромные двигательные эффекты въ нашемъ тѣлѣ (именно движенiя въ области костнаго скелета), то только благодаря запасамъ энергiи въ мышцахъ, легко освобождающейся подъ влiянiемъ слабыхъ толчковъ.

Въ такомъ видѣ представляется намъ этотъ второй, но и послѣднiй, источникъ привходящей извнѣ энергiи. Нѣтъ сомнѣнiя, что въ сравненiи съ количествомъ ея, приносимымъ внѣшнимъ веществомъ, толчки на чувствующую поверхность нашего тѣла представляютъ очень малую вели-

---

слой воздуха подъ шубой, которая не пропускаетъ тепла, будучи худымъ проводникомъ. Тоже самое, когда человѣкъ живетъ зимой въ натопленной комнатѣ: и здѣсь внѣшнее тепло дѣйствуетъ не тѣмъ, что входитъ въ тѣло, а тѣмъ, что ослабляетъ отдачу тѣлеснаго тепла наружу. Войти въ тѣло оно не можетъ уже потому, что воздухъ нагрѣтой комнаты всегда холоднѣе его тѣла, а тепло можетъ вообще входить только изъ теплаго тѣла въ холодное, а не наоборотъ.

чину, но какова эта величина, остается пока неизвѣстно.

Можно ли допустить далѣе, что всѣ внутреннія работы животнаго тѣла переходятъ въ концѣ концовъ въ тепло?

Къ такимъ работамъ относятся по величинѣ на первомъ мѣстѣ: работы дыханія и передвиженія по тѣлу крови, лимфы и пищи—по длинѣ пищеваго канала. Всѣ эти формы дѣйствительно переходятъ въ тепло. Дыханіемъ производится, правда, нѣкоторая внѣшняя работа (выталкиваніе воздуха изъ легкаго); но величина ея ничтожна въ сравненіи съ работой поднятія стѣнокъ грудной клѣтки при каждомъ вдыханіи, а послѣдняя съ каждыхъ выдыханіемъ уничтожается (т. е. переходитъ въ тепло), вслѣдствіе спаденія грудной клѣтки. Едва ли можно сомнѣваться далѣе въ томъ, что къ числу же внутреннихъ работъ слѣдуетъ отнести ту сторону пластическихъ процессовъ, которая заключается въ созиданіи клѣточной протоплазмы, потому что при этомъ сравнительно стойкія неподвижныя вещества питательныхъ жидкостей, бѣлки крови и лимфы, превращаются въ дѣятельную подвижную протоплазму рабочихъ клѣтокъ, т. е. элементовъ мышцъ, нервной системы и железъ. Если однако эти процессы и дѣйствительно связаны съ затратой нѣкотораго количества энергіи, то въ зрѣломъ не растущемъ организмѣ, гдѣ созиданіе идетъ объ руку съ разрушеніемъ, затраченное на постройку возвращается назадъ въ видѣ тепла при распадѣ протоплазмы. Послѣднюю крупную форму внутреннихъ работъ составляютъ молекулярныя движенія въ сферѣ мышцъ, нервовъ и железъ при ихъ возбужденіи, насколько эти процессы не передаются наружу и, такъ сказать, затухаютъ вмѣстѣ съ прекращеніемъ возбужденія. Въ этомъ отношеніи извѣстно лишь слѣдующее. Въ мышцѣ и железѣ возбужденіе оставляетъ по себѣ слѣдъ лишь въ видѣ тепла и убыли нѣкотораго

количества вещества, а въ нервахъ какъ будто не существуетъ ни того ни другаго. Для мышцъ и нервовъ (а по аналогіи съ ними и для железъ) можно считать далѣе очень вѣроятнымъ, что угасаніе въ нихъ электрическихъ движеній производится деполяризаціей тканей, вслѣдъ за прекращеніемъ возбужденія, какъ это было нами описано въ нервной физіологіи. Значитъ, и здѣсь окончательная форма превращеній идетъ въ сторону тепла. Важно прибавить къ этому, что движенія въ сферѣ нервной системы, при ея нормальныхъ возбужденіяхъ, слѣдуетъ считать вообще крайне слабыми въ виду слабости возбуждающихъ толчковъ и ея феноменальной чувствительности.

Итакъ, для всѣхъ главныхъ и крупныхъ внутреннихъ работъ въ животномъ тѣлѣ можетъ быть допущено, что онѣ превращаются въ тепло.

Теперь, на основаніи всего сказаннаго, мы можемъ отнестись къ нашему вопросу уже совершенно сознательно.

Съ той минуты, какъ было найдено, что заряженіе всѣхъ вообще рабочихъ органовъ животнаго тѣла (т. е. нервной системы, мышцъ и железъ) энергіей стоитъ въ прямой связи съ обмѣномъ веществъ въ тѣлѣ, а приведеніе ихъ въ дѣйствіе—съ толчками извнѣ на его чувствующія поверхности, первая половина нашего вопроса была рѣшена: *животное тѣло работаетъ на счетъ внѣшнихъ силъ* [1]).

---

[1]) Пусть читатель припомнитъ при этомъ общее значеніе для жизни (т. е. для дѣятельностей) тѣла пищи и кислорода воздуха, равно какъ временные параличи мозга, мышцъ и железъ при временномъ непритокѣ къ нимъ крови (для мозга даже при одномъ ослабленномъ притокѣ кислорода). Совокупность этихъ данныхъ доказываетъ прямую зависимость рабочей способности всѣхъ нашихъ органовъ отъ происходящаго въ тѣлѣ обмѣна веществъ. Изъ него же родятся возбудители для сердца, дыханія, многихъ железъ и двигателей кишечнаго канала — для всѣхъ вообще дѣятельностей, непосредственно сопри-

Что же касается до второй половины, то установить точно уравненіе прихода и расхода силъ, даже въ общемъ видѣ (т. е. всей величины прихода и расхода) и при наиболѣе простыхъ условіяхъ или состояніяхъ организма пока еще невозможно, такъ какъ часть прихода (толчки на чувствующія поверхности) ускользаетъ отъ опредѣленія. Всего проще случай, разработанный Рубнеромъ (зрѣлое животное съ равенствомъ вещественнаго прихода и расхода, при покоѣ), но и онъ не составляетъ исключенія изъ правила. Согласіе чиселъ, полученное въ этихъ опытахъ, указываетъ лишь на то, что доля энергіи, падающая на приходъ вещества, велика сравнительно со второю, и что наши методы изслѣдованія въ этой области еще недостаточно тонки.

косновенныхъ съ обмѣномъ веществъ. Все же остальное — чувствованіе и импульсы къ внѣшнимъ работамъ—даютъ толчки изъ внѣшняго міра на чувствующія поверхности тѣла. Человѣкъ и животныя, будучи лишены чувственнаго общенія съ нимъ, приходятъ въ состояніе непрерывнаго глубокаго сна.